"SCIENTIA"

VOL. XV

Direzione e Redazione: Milano, Via Aurelio Saffi, 11

"SCIENTIA"

(RIVISTA DI SCIENZA)

Organo internazionale di sintesi scientifica - Revue internationale de synthèse scientifique

Internationale Zeitschrift für wissenschaftliche Synthese - International Review of Scientific Synthesis.

Vol./Band XV. Anno - Année/Jahr - Year VIII.

MCMXIV

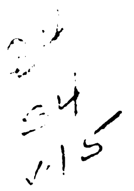
BOLOGNA

NICOLA ZANICHELLI

LONDON
WILLIAMS AND NORGATE

PARIS
FÉLIX ALCAN

LEIPZIG
WILHELM ENGELMANN



MILANO — TIPO-LIT. REBESCHINI DI TURATI E C.

INDEX

Band/Vol. XV, N. XXXIII-1 — XXXIV-2 — XXXV-3

Note critiche - Notes critiques - Kritische Notizen - Critical notes.

Recensioni - Comptes rendus - Referate - Book Reviews.

Rassegne - Revues générales - Allg. Uebersichten - Gen. Reviews.

Rivista delle Riviste - Revue des Revues - Zeitschr. Umschau - Review of Reviews.

Cronaca - Chronique - Chronik - Chronicle

THE PERIODICITIES OF SUN-SPOTS

(A reply to M.r E. W. Maunder)

In a recent number of « Scientia » M.r E. W. Maunder has definitely stated his view that « the sun-spot period is essentially one: there are no sub-periods: there are no multiple periods.... It has recently been claimed that there is evidence of two subsidiary sub-periods: *viz.* one of 4,79 and one of 8,36 years; together with a multiple period of 33,375 years. These are unreal. They may indeed be correctly derived from the numbers submitted to analysis, but they do not in any way define actual periods of the solar activity ».

It is so important that misconceptions as to the nature of periodicity, or what is understood as periodicity by some of those who use the term, should not be allowed to persist if they can be removed, that I venture to try what I can do in this direction. M. Maunder and I may find that we mean different things when we use the same terms, and that we may prefer to retain the difference of usage, in which case of course it is useless to continue the discussion. But it is not clear, at any rate so far, that we are thus separated, and I prefer to hope that we may find no such barrier. If I suggest it as a possibility, it is probably because I do not understand some of his inferences, which are very briefly stated in the paper referred to, and which further expansion might clarify. In commenting upon them I shall venture upon rather greater discursiveness, which I hope he will pardon. In these questions of the meanings of terms it is perhaps the shortest way home

to go a long way round, in order to examine a number of instances.

Let me begin by continuing the above quotation from M. Maunder's paper. He goes on:

It would be absurd to speak of either the 4,79 or the 8,36 year periods as operative in the zones where the new activity first shows itself: zones where no spots at all are seen for six years out of every eleven; *periods that so often have zero for their maxima, are plainly unreal.*

The italics are mine, but they are only to draw attention to a criterion which M.r Maunder seems to apply without hesitation for the « reality » of periods. We may have some trouble in arriving at a satisfactory agreement about « reality », but in this sweeping statement about « plain unreality » I think M.r Maunder goes much too far. Let us consider the following instance. The dates of transits of Venus are

1761, 1769, 1874, 1882, 2004, 2112.

We could extend the list indefinitely both ways, but these numbers will suffice. They shew a periodicity of 8 years, as I understand the term: a periodicity of the most « real » kind known to me, because it is rooted in the planetary motions, — in the fact that 13 revolutions of Venus correspond very nearly to 8 of the earth. But the particular manifestation of this periodicity is in the above series intermittent and it has « zero for its maximum » very often indeed. Is it therefore to be rejected as plainly unreal? It is true that this periodicity is cast in rather a different mould from that of sun-spots: instead of being a variation from minimum to maximum it is indicated as an isolated event. But this modification is not vital, and it would be easy to recast the illustration so as to minimize the difference. Instead of doing this let us take another example.

At Greenwich Observatory it is a regular duty to observe the Pole Star on the meridian for azimuth error. One of the regular observers is thus apt to find himself looking due north, at a very specific altitude, at certain times, viz the times when Polaris is on the meridian. We know them to be separated by intervals of one sidereal day: and owing to this custom, if we were to make a diagram of (let us say) the *declination* towards which that observer was turning his

face at any given moment (using declination in the astronomical sense), the quantity tabulated would be steadily near zero (of declination) when he was observing clock-stars; it would vary irregularly as he played lawn-tennis, or remain steadily at an arbitrary value when he was at meals or went fishing, but it would shew a sharp maximum of nearly 90° whenever he observed Polaris; and these peaks would occur (intermittently of course) at points separated by multiples of a sidereal day. There would be no peak when the weather was cloudy, or when the observer was off duty, or was on a holiday: but there would be many such peaks nevertheless, and their occurrence, however intermittent, would cause a hump in Professor Schuster's periodogram of the supposed diagram, at the point measuring a sidereal day. Now a sidereal day is the very standard of « real » periodicity: nothing more positively « real » is known to us. We cannot let M. Maunder rule it out as « plainly unreal » because under particular circumstances it « so often has zero for its maxima ». There would undoubtedly be zeros for the maxima very often indeed: since the Greenwich observers are only on duty about one day in four, and many of these are cloudy, and on others they may be asleep. But this concerns the nature of the *manifestation* of the period, and not the period itself, which is regular enough, if anything is.

« On others they may be asleep ». Let me explain this phrase, which does not impute any blame, and illustrates a new point. Long, long ago it was forbidden to the Greenwich observers to sleep when Polaris was on the meridian. Whenever during the civil day it came to transit, it must be observed. But a more merciful rule has gradually prevailed. What are the exact limits today I do not know, but when I was at Greenwich it had already come to be understood that the observer might sleep between 1 AM and 8 A.M, letting the transits of Polaris go by with a good conscience. Hence there would be long peaceful intervals when the observer's face would be turned steadily to the zenith, if he happens to sleep on his back: or to some other favourite declination: followed by other brief indications of a special « declination » while he shaved or had his breakfast. Now remark that these noteworthy features of the diagram which we have supposed to be constructed would all recur at intervals of a *mean solar* day, *not*

a sidereal: and we may parody an argument of M.r Maunder's somewhat as follows:

The most important deduction from the Law of Sleep (or Shaving) is that the diurnal period is essentially one: there are no sub-periods: there are no multiple periods. Once, and once only, in each day, does the observer awake to shave, and that operation is followed by breakfast and the other meals.

To which I reply that in spite of the undoubted clearness of the manifestations of a solar day, in spite of the fact that those of the sidereal day are subordinated to them, even to the extent that the observations of Polaris (maxima of declination-gaze) « have zero for their maximum » when the season comes round for transits between 1 and 8 AM, in spite of the fact that they have zero for their maximum on many other occasions, nevertheless the sidereal day is plainly writ in the diagram and can be inferred from it: there *is* a sub-period, the sidereal day, and there *are* multiple periods, viz. the month and the year, both of which would be traceable in the periodogram: and the argument above indicated is just as convincing to the contrary as M.r Maunder's when he writes; —

« The most important deduction from the Law of Zones is that the sun-spot period is essentially one; there are no sub-periods: there are no multiple periods. Once, and once only, in each period of 11 years, the downward movement in latitude begins its course afresh, and that movement follows, in each hemisphere, essentially a single curve ».

May I now venture to indicate what I take to be the real source of difference between M.r Maunder and myself? I think he is unwilling to admit as a « real » periodicity one which is in any way broken up, and again one for which he cannot already visualize an actual cause. Let us consider first the breakage. I am quite ready to agree that a broken periodicity is more or less a contradiction in terms, just as a broken up animal is no longer an animal. But we may usefully distinguish between the manifestations and their origin. A single bone is not an animal: but it is an undoubted manifestation of an animal which once existed, and study of it tells us something about that animal. We may find that the bone is that of a horse, and we infer that a particular horse existed. Here we are of course utilizing knowledge outside that fur-

nished by the bone itself: indeed if we had no such knowledge we could infer nothing at all, not even that the object was the bone of an animal, since we should have no knowledge of animals. In the same way a broken periodicity would suggest nothing to us without outside knowledge of complete periodicities, and of the way in which they may be broken up. M. Maunder may object to the way in which I have broken up the manifestations of the sidereal day as artificial, but he cannot say the same of the transits of Venus. We know the cause of the interruptions there to be the motion of the node of Venus's orbit, itself a regular and natural periodic movement: it carries the line of nodes away from one of the directions where conjunctions can occur, so that transits do not happen at all until the next direction is reached separated by approximately 36° from it.

Thus although the synodic rotation of Venus in 8 years is regular enough, the *manifestation* of it is intermittent. To throw away the manifestation because of this imperfection would be as foolish as to throw away every fossil in the whole geological record. To study the imperfect geological record is harder than to study whole and living animals; but for past history the latter is impossible and the former is the only course open to us. Similarly the broken manifestations of periodicity may be available when the complete originals are not. It is conceivable, for instance, that by patient records of transits of Venus through long ages we might detect in them not only the periodicity of eight years, but the other sub-periodicities due to the eccentricity of the orbit, and its inclination: even the motion of the node and the apse: and might even build up an idea of the whole movement of a planet which had never been seen except in transit. It would of course be a huge piece of labour, and require an immense period of observation: but there is nothing actually impossible about it. And yet all the manifestations of periodicity leading to the solution would be hopelessly broken: it would be like building up a skeleton out of shattered fragments of bones rather than bones themselves.

The other tendency which I have ventured to impute to M.r Maunder is more difficult to deal with. To accept a periodicity, whether broken or whole, for which we cannot visualize an origin requires considerable exercise of faith, and

it may be that a general agreement on this point is yet far off. There can be no doubt that we all prefer to be able to picture the cause however vaguely: but we have much groping in the dark in scientific work. The aim and object of the periodogram method is to suggest things to look for, not to establish their existence. Indeed *it cannot do that:* for instance there may be a very real cause which happens to give in the particular series of observations we are studying only feeble manifestations, and there may be an « accidental » cause which gives much stronger ones; and these terms « real » and « accidental » may be here used in any sense we please. The periodogram can give no comparison between the two except the size of the manifestation. It cannot really answer the question « which are the best clues to follow up? » though there is of course a natural inclination to choose the biggest first. Suppose that we were otherwise ignorant of the existence of a sidereal day. In the above hypothetical instance, where we tabulate the declination-gaze of a given observer, the sidereal day is indicated by the transits of Polaris. But these are not very numerous and the indications of the sidereal day would perhaps be feeble, and if we are content to neglect such indications, partly because a reason for them had not yet occurred to us, we might never discover the sidereal day. On the other hand a diligent investigator who thought it worth enquiring whether that feeble little indication meant anything might reap the reward of his search in the great discovery of a sidereal day. You cannot make rules for discovery: or if you do, you must be prepared to have them all broken.

The purpose of the periodogram, it may be emphatically repeated, is to initiate or stimulate investigation, not to complete it. The investigation thus initiated is of course fully open to criticism in the ordinary way. If it is suggested to Professor Schuster by his periodogram of sun-spots that they may be due to the visits of a swarm of meteors, it is open to M. Maunder (or anyone else) to criticize that inference, as he does at the end of his paper, and for others to reply to his criticism: the discussion then takes a more familiar shape. I will not enter upon it here (though I may point out in passing that Professor Schuster has not as a matter of fact put forward the master period of 33.375 years as represented in sun-spots), in order not to distract attention from the main

point — the notion of periodicity generally. It is, as said at the beginning of this note, of the first importance that there should be as few misunderstandings as possible on this head. Periodicity is bound, in my humble opinion, to play a conspicuous part in our study of the more complex phenomena with which our extension of work brings us every day more closely into contact.

University Observatory, Oxford.

H. H. TURNER

DIE NEUE MECHANIK

Was ist und warum treiben wir « neue Mechanik »? Stellt denn die alte Galilei-Newton'sche Mechanik nicht die Bewegungen der Körper, der irdischen wie der himmlischen, richtig dar? Gewiss, die Prinzipien der alten Mechanik gestatten es, die Bewegungen der Massen unter dem Einflusse ihrer gegenseitigen Gravitation zu beschreiben. Aber reichen sie auch dann noch aus, wenn die Kräfte der Elektrizität und des Magnetismus, des Lichtes und der Wärme ins Spiel kommen?

Die Mechanik hat stets den Anspruch erhoben, alle diese Kräfte zu umfassen. Nicht nur ihre geometrisch-kinematischen Begriffe sollten grundlegend für die gesamte Physik sein, sondern alle Naturerscheinungen sollten in letzter Linie auf Bewegungsvorgänge zurückgeführt werden. Diese Tendenz liegt der kinetischen Gastheorie zu Grunde; sie schwebte auch Maxwell bei dem Entwurf seiner dynamischen Theorie des elektromagnetischen Feldes vor. Maxwell konnte zeigen, dass die zwischen zwei Stromkreisen wirksamen elektromotorischen und ponderomotorischen Kräfte den Lagrange'schen Gleichungen der Mechanik gehorchen. Ihm folgend, erhoben J. J. Thomson die Lagrange'schen Gleichungen, H. Helmholtz das Prinzip der kleinsten Wirkung zu Grundprinzipien der ganzen Physik. H. Hertz endlich stellte in seinen *Prinzipien der Mechanik* die Forderung auf, alle Naturkräfte auf die Trägheit bewegter Massen zurückzuführen. Auch dort, wo wir keine Materie wahrnehmen, sollten verborgene Massen den Raum erfüllen, welche, miteinander verkoppelt, die Kräfte von einem Körper zum anderen übertragen; anscheinende Fernkräfte sollten dem-

nach stets als Nahewirkungen verborgener Massen gedeutet werden.

Mit dem posthumen Werke von H. Hertz schliesst die Entwickelungsphase, welche die gesamte theoretische Physik den Prinzipien der Mechanik unterordnen will, ohne deren Inhalt wesentlich zu ändern. Die Hertz'sche Mechanik ist ein blosses Programm geblieben. Der von ihr gewiesene Weg ist weiterhin nicht verfolgt worden.

In der Forderung, die Fernwirkungen aus der Mechanik zu verbannen, zeigt sich der Einfluss der von Hertz selbst zum Siege geführten Faraday-Maxwell'schen Vorstellungen über das elektromagnetische Feld, welche die folgende Entwickelungsphase beherrschen sollten. Der Maxwell'schen Theorie nach pflanzen sich die elektrischen und magnetischen Kräfte von Punkt zu Punkt mit einer endlichen Geschwindigkeit fort, die im Vakuum $c = 3.10^{10} \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}$ beträgt. Licht- und Wärme-Strahlen sind nur besondere Arten elektromagnetischer Wellen. Es ist ohne Belang, ob man sich ein Medium, den « Äther », als Träger des elektromagnetischen Feldes vorstellt, oder ob man lediglich den Raum auch dort, wo er keine wägbare Materie enthält, mit physikalischen Eigenschaften begabt denkt; es genügt, die Feldgleichungen zu kennen, welche die Ausbreitung der elektromagnetischen Kräfte im Raume oder im « Äther » beschreiben. Wesentlich ist jedoch, dass jedem elektrischen und magnetischen Felde ein gewisser positiver Betrag von « Energie » zukommt; Änderungen des Feldes sind von einer « Energieströmung » begleitet, welche nach einem Satze von Poynting senkrecht zu der elektrischen und der magnetischen Kraft erfolgt. Für ebene Wellen wird der Poynting'sche Vektor der Energieströmung mit dem aus der Optik bekannten Strahlvektor identisch. Die Übertragung der Kräfte von einem Körper zum anderen wird, nach Faraday und Maxwell, durch gewisse fiktive « Spannungen » vermittelt, nämlich einen Zug längs der elektrischen und der magnetischen Kraftlinien, einen Druck senkrecht zu ihnen.

Welche Wirkungen treten nun auf, wenn Licht von einem Körper A emittiert und später von einem anderen Körper B absorbiert wird? Die von A emittierte Energie strömt längs des Lichtstrahles mit der Geschwindigkeit c, bis sie auf B trifft. In dem Augenblick der Emission erfährt A einen Rück-

stoss; einen Stoss von gleichem Betrage, aber von entgegengesetzter Richtung verspürt B im Augenblick der Absorption. Die Existenz des Lichtdruckes ist sowohl experimentell wie theoretisch bewiesen. Lassen sich die Kräfte des Lichtdruckes nun mit der alten Mechanik vereinbaren?

Das dritte Axiom Newtons fordert die Gleichheit der Wirkung und der gleichzeitigen Gegenwirkung. Handelt es sich um räumlich getrennte Körper, so kann indessen einer Kraft nur dann eine gleichzeitige Gegenkraft entsprechen, wenn die Fortpflanzung der Kräfte instantan erfolgt. Mit einer endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kräfte ist das Reaktionsprinzip in seiner klassischen Form unverträglich, insofern als es nicht nur die Gleichheit, sondern auch die Gleichzeitigkeit von *actio* und *reactio* verlangt. Man muss in Betracht ziehen, dass die Kraft, ebenso wie die Energie, eine gewisse Zeit latent bleibt.

Am anschaulichsten formuliert man den Sachverhalt, indem man dem Lichte, wie überhaupt jedem elektromagnetischen Felde, eine « elektromagnetische Bewegungsgrösse » zuschreibt. Bei der Emission des Lichtes wird diese Bewegungsgrösse dem Körper A entzogen und in den Raum entsandt; bei der Absorption wird sie vom Körper B zurückgewonnen. Man kann dann den Satz von der Erhaltung der Bewegungsgrösse aufrecht erhalten in dem Sinne, dass die Summe der Bewegungsgrössen der Materie und des Feldes konstant bleibt. Bei der Emission des Lichtes wird materielle Bewegungsgrösse des Körpers A in elektromagnetische verwandelt; dem entspricht die Kraft, welche das Licht bei der Emission auf A ausübt. Bei der Absorption wird die elektromagnetische Bewegungsgrösse des Lichtes in materielle Bewegungsgrösse des Körpers B umgeformt; dem entspricht die Gegenkraft des Lichtes auf den absorbierenden Körper B. Man hat auch einen allgemeinen Ausdruck für die in der Raumeinheit enthaltene elektromagnetische Bewegungsgrösse gefunden; sie ist gleich dem Poynting'schen Energiestrom, geteilt durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit; jedes Strömen der Energie im Felde ruft demnach einen elektromagnetischen Impuls hervor. Diese Deutung entspricht insbesondere der von H. A. Lorentz herrührenden Darstellung der Maxwell'schen Theorie.

Diese verallgemeinerte Auffassung des Impulssatzes sollte

für ein wichtiges Problem der neuen Mechanik massgebend werden, für die Dynamik der « Elektronen ». Es sind das negativ elektrisch geladene Teilchen, welche, von der Kathode einer Entladungsröhre ausgehend, die sogenannten Kathodenstrahlen bilden. Wie A. Schuster vermutete und W. Kaufmann nachwies, kann man die Ablenkung dieser Strahlen durch ein magnetisches oder elektrisches Feld erklären, indem man ihnen, ausser der negativen Ladung, eine träge Masse zuschreibt. Doch erwies sich die Masse der Elektronen als wesentlich kleiner, etwa im Verhältniss 1:2000, als die Masse des Wasserstoffatoms; ihre Geschwindigkeit ist in den Kathodenstrahlen von der Ordnung $c/10$. Noch rascher, nahezu mit Lichtgeschwindigkeit, bewegte Elektronen lernte man in den sogenannten β-Strahlen radioaktiver Körper kennen. Es erhob sich nun die Frage: Gilt für diese Geschwindigkeiten noch das zweite Axiom der Newton'schen Mechanik? Ist auch hier noch die Beschleunigung des Teilchens gleich der angreifenden Kraft, geteilt durch eine dem Teilchen individuelle, von seiner Geschwindigkeit unabhängige Masse? Das Experiment (Kaufmann, 1901) ergab, dass dies nicht der Fall ist; die bei diesen Versuchen in Betracht kommende träge Masse, d. h. das Verhältnis der ablenkenden Kraft des elektromagnetischen Feldes zu der bei der Ablenkung stattfindenden Beschleunigung, wächst mit zunehmender Geschwindigkeit. In der Dynamik der Elektronen gilt also das zweite Axiom Newtons nicht mehr.

Der neuen Mechanik erwuchs die Aufgabe, den Begriff der Massenträgheit entsprechend zu erweitern. Die gegebene Lösung gründet sich eben auf den oben formulierten erweiterten Impulssatz. Das Elektron erregt durch seine Ladung ein elektrisches, durch die Bewegung der Ladung ein magnetisches Feld. In seiner Umgebung fliesst also ein elektromagnetischer Energiestrom, der eine elektromagnetische Bewegungsgrösse besitzt. Der elektromagnetische Gesamtimpuls des Elektrons (G) ist eine Funktion der Geschwindigkeit (q). Man hat nun zwei Fälle zu unterscheiden, nämlich Beschleunigung in der Bewegungsrichtung und Beschleunigung senkrecht zu ihr. Im ersteren Falle gibt die Ableitung des Impulses nach der Geschwindigkeit $\left(\frac{dG}{dq}\right)$ den Quotienten aus Impulsänderung, d. h. Kraft, und Geschwindigkeitsänderung, d. h. Beschleunigung an; dies ist die sogenannte « longitudi-

nale Masse ». Bei Beschleunigung senkrecht zur Bahnrichtung dagegen bleiben Impuls und Geschwindigkeit dem Betrage nach ungeändert; nur ihre Richtung ändert sich; hier ergibt sich für den Quotienten der Zuwüchse des Impuls- und des Geschwindigkeitsvektors der Ausdruck $\left(\frac{G}{q}\right)$. Diese « transversale Masse » ist nur für kleine Geschwindigkeiten, wo G proportional zu q ist, gleich der longitudinalen. Für Geschwindigkeiten von der Ordnung der Lichtgeschwindigkeit ist, wie aus den Kaufmann'schen Ablenkungsversuchen folgt, G nicht mehr proportional zu q; hier ist folglich die longitudinale Masse von der transversalen verschieden. Ist nun die Kraft schief zur Geschwindigkeit gerichtet, so ist die hervorgerufene Beschleunigung nicht parallel zur Kraft; denn in Folge der Verschiedenheit der longitudinalen und der transversalen Masse stehen die beiden Komponenten der Beschleunigung, die longitudinale und die transversale, in einem anderen Verhältnis, als die entsprechenden Kraftkomponenten.

Die Physiker der alten Schule mochten ob dieser Umwälzung des Massenbegriffs bedenklich den Kopf schütteln. Sie mussten zugestehen, dass die klassische Mechanik nur für solche Geschwindigkeiten gilt, die klein gegen die Lichtgeschwindigkeit sind. Man konnte wohl daran denken, die elektromagnetische Masse der Elektronen von der Masse der materiellen Atome zu unterscheiden, und die letztere, im Sinne der alten Mechanik, als konstant anzunehmen. Die Entwickelung der Physik trieb in der entgegengesetzten Richtung. Man suchte das Atom als Agglomerat von Elektronen zu begreifen; dann liefern die im Atom enthaltenen Elektronen einen Beitrag zu den Atommassen und bedingen deren Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. So zieht denn die neue Mechanik auch die Materie in ihren Bereich.

Es ist übrigens bemerkenswert, dass gewisse Prinzipien der analytischen Mechanik — die Lagrange'schen Gleichungen und das Prinzip der kleinsten Wirkung — auch in der neuen Mechanik ihre Gültigkeit bewahren, wenn man den Ausdruck für die Lagrange'sche Funktion und für die Wirkung entsprechend verallgemeinert. Doch ist ein Eingehen darauf hier nicht am Platze.

Die bisher erörterten Probleme liessen sich ohne weiteres auf Grund der Theorie des elektromagnetischen Feldes behan-

deln. Grössere Schwierigkeiten erwuchsen der Feldtheorie aus denjenigen Fragen, die mit dem Theorem der Relativität zusammenhängen. In der klassischen Mechanik gilt dieses Theorem; es besagt, dass in einem, in gleichförmiger Translation begriffenen materiellen Systeme die relativen Bewegungen genau so verlaufen, wie in demselben System im Falle der Ruhe. Ein dem System angehörender Beobachter, der die Vorgänge in dessen Innerem verfolgt, kann somit das Vorhandensein jener Translationsbewegung nicht feststellen. Gilt nun ein ähnlicher Satz für ein System von Elektronen? Wenn man dem elektromagnetischen Felde im Raume eine reale Existenz zuschreibt, oder gar ihm einen mehr oder weniger substantiellen Äther als Träger unterlegt, so sollte man zunächst vermuten, dass ein Relativitätstheorem nur dann gelten könne, wenn der Äther sich mit den Elektronen mitbewegt. Die Lorentz'sche Elektrodynamik dagegen, auf der die soeben skizzierte Mechanik der Elektronen beruht, nimmt an, dass der Äther sich nicht an der Bewegung der Elektronen beteiligt. Wie kommt es dann aber, dass tatsächlich die Bewegung eines Systems mitbewegten Beobachtern der Vorgänge im Systeme verborgen bleibt, dass z. B. optische Experimente an dem Lichte irdischer Lichtquellen keine Spur eines Einflusses der Erdbewegung erkennen lassen? Diese Frage hat H. A. Lorentz in einer Reihe von Arbeiten (1892-1904) untersucht.

In diesen Untersuchungen spielt der Begriff der « Ortszeit » eine wesentliche Rolle. Man denke sich ein System in gleichförmiger geradliniger Bewegung durch den ruhenden Äther begriffen. In den einzelnen Punkten des Systemes befinden sich Stationen, die über gleichbeschaffene Uhren verfügen. Diese Uhren werden durch Lichtsignale reguliert, wobei zwar die konstante Geschwindigkeit des Lichtes, aber nicht die unbekannte Bewegung des Systemes in Rechnung gezogen wird. Die Zeit, welche eine der so gestellten Uhren angibt, heisst die « Ortszeit » der betreffenden Station. Lorentz zeigte nun, dass, auf die Ortszeit bezogen, die elektromagnetischen und optischen Vorgänge in dem bewegten Systeme ebenso verlaufen, als wenn das System ruhte. Dabei berücksichtigte er zunächst nur Grössen erster Ordnung in Bezug auf den Quotienten $\beta = \frac{q}{c}$ aus Systemgeschwindigkeit und Lichtgeschwindigkeit (für die Erde ist $\beta = 10^{-4}$). Später verallgemei-

nerte er das Ergebnis, indem er auch Grössen zweiter Ordnung in β in Betracht zog.

Hierbei handelte es sich vor allem um die Deutung des Experimentes, welches Michelson ausgeführt hatte, um durch Interferenzbeobachtungen den Einfluss der Erdbewegung festzustellen. Michelson brachte zwei demselben monochromatischen Lichte entstammende Strahlen zur Interferenz, von denen der eine sich parallel, der andere senkrecht zur Erdbewegung fortgepflanzt hatte, in der Erwartung, einen Einfluss der Erdbewegung auf die Interferenzstreifen zu finden; das Ergebnis war indessen ein negatives. Eine schematische Theorie solcher Interferenzversuche erhält man, wenn man einen Lichtstrahl betrachtet, der von einem gegebenen Punkte O des Systemes nach einem anderen P gesandt und hier durch einen Spiegel nach O zurück reflektiert wird. Ist das System in Ruhe, so ist der geometrische Ort der Punkte P, welche gleichen Lichtwegen $OP + PO$ entsprechen, offenbar eine Kugel. Ist jedoch das System in gleichförmiger Bewegung, so hat man die absoluten Lichtwege zu ermitteln, welche sich den im bewegten Systeme durchlaufenen relativen Lichtwegen OP und PO zuordnen. Man findet dann als geometrischen Ort der Punkte P, die gleichen absoluten Lichtwegen entsprechen, ein Rotationsellipsoid, vom Achsenverhältnis $\sqrt{1-\beta^2}$, welches in Richtung der Systembewegung abgeplattet ist, ein sogenanntes « Heaviside-Ellipsoid ». Da nun die Differenz der absoluten Lichtwege zweier Lichtstrahlen für ihre Interferenz massgebend ist, so muss man aus dem negativen Ergebnis des Michelson'schen Versuches schliessen, dass die absoluten Lichtwege der beiden Strahlen im bewegten System die gleichen bleiben, wenn sie im Falle der Ruhe gleich waren; d. h. die Punkte P, welche im Falle der Ruhe auf einer Kugel lagen, bilden im bewegten System ein Heaviside-Ellipsoid.

Diesem Gedankengang entspringt die « Kontraktionshypothese » von Fitzgerald und H. A. Lorentz: Alle Körper sollen sich, in Bewegung gesetzt, parallel der Bewegungsrichtung kontrahieren, indem sich alle der Bewegungsrichtung parallelen Strecken im Verhältnis $\sqrt{1-\beta^2} : 1$ verkürzen. Diese auf den ersten Blick seltsame Hypothese versuchte Lorentz plausibel zu machen, indem er annahm, dass die Molekularkräfte, welche die Form der Körper bestimmen, elektrischer Natur seien. Dann würde, wie er zeigte, die durch die Sy-

stembewegung bedingte Änderung der elektrischen und damit der molekularen Kräfte gerade die behauptete Formänderung hervorrufen. Wenn nun in dem so kontrahierten Systeme die Zeitregulierung wiederum optisch oder elektromagnetisch erfolgt, so gilt das Theorem der Relativität auch in bezug auf Grössen zweiter, ja beliebiger Ordnung in β; die gleichförmige Bewegung des Systemes bleibt dann dem mitbewegten Beobachter, der die Vorgänge im Systeme verfolgt, verborgen. So gelingt es Lorentz, das negative Ergebnis aller bisherigen Versuche über den Einfluss der Erdbewegung mit der elektromagnetischen Feldtheorie zu vereinbaren.

Wenngleich Lorentz seine Ergebnisse noch in der Sprache der alten Kinematik ausdrückte, so ging doch aus ihnen hervor, dass die Übertragung des Relativitätstheorems auf die elektromagnetischen Erscheinungen einen Bruch mit den Raum- und Zeitbegriffen der klassischen Mechanik notwendig machte. Wenn die Bewegung eine Kontraktion aller Körper hervorruft, so verkürzt sie auch die zur Längenmessung dienenden Massstäbe; Messungen im bewegten Systeme können dann nicht zur Kenntnis der « absoluten » Gestalt der Körper führen, von der die klassische Geometrie handelt. Andererseits wird eine elektromagnetische Uhr — und nach den Anschauungen von Lorentz über die Konstitution der Materie verhält sich jede Uhr wie eine elektromagnetische — im bewegten Systeme stets die betreffende Ortszeit und nicht die « absolute » Zeit der alten Kinematik anzeigen. Man musste sich fragen, ob unter diesen Voraussetzungen die überlieferten Anschauungen der Geometrie und der Kinematik überhaupt noch eine Bedeutung besitzen.

Diese Frage wurde von A. Einstein verneint. Die von ihm aufgestellte Theorie (1905), die man meist kurzweg als « Relativitätstheorie » bezeichnet, gründet sich auf zwei Postulate: Das erste verlangt die Äquivalenz zwischen Systemen, die gegen einander in gleichförmiger geradliniger Translationsbewegung begriffen sind *(Postulat der Relativität)*; das zweite besagt, dass in jedem dieser Systeme die Lichtfortpflanzung im Raume nach allen Richtungen hin mit der gleichen Geschwindigkeit vor sich geht *(Postulat der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit)*. Auf diesen Postulaten fussend, gibt Einstein relative Definitionen von Länge und Zeit; absolute Definitionen dieser Grössen sind nach der Relativitätstheorie

nicht möglich, da man ja, gemäss dem ersten Postulate, kein Mittel hat zu entscheiden, ob das System, in welchem man die Messungen ausführt, sich in Ruhe oder in gleichförmiger Bewegung befindet.

Die Relativitätstheorie, der später (1908) H. Minkowski eine passende mathematische Einkleidung gab, hat die Aufmerksamkeit weiterer Kreise der neuen Mechanik zugewandt. Die hier zu Tage tretende Revolutionierung der Grundbegriffe der Kinematik und Dynamik überraschte diejenigen, welche nicht die soeben skizzierte historische Entwickelung dieser Probleme verfolgt hatten; die anscheinende Allgemeinheit der Lösung des Raum-Zeit-Problems kam dem philosophischen Drange der Zeit nach Vereinheitlichung und Zusammenfassung des Wissens entgegen. So begeisterte denn die Relativitätstheorie die mathematisch-physikalische Jugend, welche in der von ihr beeinflussten Epoche die Hörsäle der Universitäten füllte. Die Physiker der älteren Generation dagegen, deren Erkenntnistheorie sich unter dem Einflusse Machs und Kirchhoffs gebildet hatte, betrachteten meist skeptisch die kühnen Neuerer, die sich unterfingen, auf Grund weniger noch von den Fachleuten diskutierter Experimente die wohlbewährten Grundlagen jeden physikalischen Messens umzustürzen. Mancher mochte wohl mit Wallenstein sagen:

« Schnell fertig ist die Jugend mit dem Wort,
. . . .
« Aus ihrem heissen Kopfe nimmt sie keck
« Der Dinge Mass ».

Obwohl die Relativitätstheorie in dieser Zeitschrift bereits in mehreren interessanten Aufsätzen behandelt worden ist, mag ihre Diskussion im Zusammenhange dieses Artikels nicht überflüssig erscheinen.

Worin unterscheiden sich die Auffassungen der Relativitätstheorie von denen der Lorentz'schen Theorie? Die Aussagen beider Theorien sind im wesentlichen identisch. Von einem Beobachter betrachtet, der sich nicht an der Bewegung des Systems beteiligt, weisen die Einstein'schen Massstäbe die Lorentz'sche Kontraktion auf, und die Einstein'schen Uhren zeigen die Lorentz'sche Ortszeit an. Auch die relativistische Dynamik stimmt durchaus mit der Lorentz'schen überein. Verschieden ist nur der Ausgangspunkt der Betrachtungen. Lorentz

legt die elektromagnetische Feldtheorie in Grunde, in Verbindung mit der Hypothese der elektrischen Konstitution der Materie; das Theorem der Relativität ergibt sich bei ihm als Folgerung aus diesen Prämissen. Bei Einstein dagegen wird die Eigenschaft der Relativität als erstes Grundpostulat an die Spitze gestellt; die Hypothese eines universellen Elektromagnetismus wird entbehrlich. Freilich bringt es das zweite Postulat mit sich, dass die Lichtgeschwindigkeit in die Gesetze der Dynamik, wie überhaupt in alle physikalischen Gesetze, eingeht. Doch ist es denkbar, dass ein solcher Zusammenhang besteht, ohne dass gerade alle Vorgänge elektromagnetischer Art zu sein brauchen. Insofern ist die Auffassung der Relativitätstheorie die allgemeinere.

Allerdings kann nach dieser Theorie sich keine Zustandsänderung im Vakuum mit einer anderen Geschwindigkeit fortpflanzen, als das Licht. Sonst könnte man sie nämlich zur Signalübertragung im bewegten System verwenden, und würde so zu einer neuen, von der Einstein'schen verschiedenen, Bestimmung von Zeit und Länge gelangen. Aus dem Gangunterschiede zweier Uhren, von denen die eine optisch, die andere mit Hilfe der neuen Zustandsänderung reguliert wäre, könnte man die Bewegung des Systemes berechnen. Da das erste Postulat dies nicht zulässt, so pflanzen sich nach der Relativitätstheorie alle Kräfte im Raume mit Lichtgeschwindigkeit fort, auch die Schwerkraft. Ausbreitung und Bewegung mit Überlichtgeschwindigkeit gibt es nicht.

Daraus, dass instantane Übertragung physikalischer Zustände ausgeschlossen ist, folgt die Unmöglichkeit, den Begriff des « starren Körpers » aus der klassischen Mechanik in die Relativitätstheorie zu übernehmen. Der starre Körper der alten Mechanik hat sechs Freiheitsgrade. Wenn man die Bewegung von dreien seiner Punkte vorschreibt (deren Abstände natürlich konstant sind), so ist die Bewegung aller übrigen Punkte des Körpers bestimmt. Eine ähnliche Beziehung kann in der relativistischen Mechanik nicht bestehen. Denn, wie M. Laue bemerkt hat, würde dies bedeuten, dass der Bewegungszustand sich instantan im Körper ausbreitet. Da hingegen der Bewegungsvorgang Zeit braucht, um von einem Punkte zum anderen fortzuschreiten, so muss es möglich sein, die Bewegung einer beliebig grossen Zahl von Punkten vorzuschreiben, d. h. die Zahl der Freiheitsgrade ist

unendlich. Die oft so bequeme Idealisierung der alten Mechanik, welche die festen Körper durch starre ersetzt, ist somit in der Relativitätstheorie nicht gestattet. Man muss die Mechanik ausgedehnter Körper auf die relativistische Elastizitätstheorie gründen, welche von G. Herglotz entwickelt worden ist.

Manche Anhänger der Relativitätstheorie leiten aus deren erstem Postulate die Entbehrlichkeit der Vorstellung eines raumerfüllenden Mediums, eines « Äthers », ab. Allerdings macht sich ja, diesem Postulate zufolge, bei gleichförmiger geradliniger Bewegung der « Äther » nicht bemerkbar. Andererseits ist, wie P. Ehrenfest betont hat, das zweite Postulat der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ohne Heranziehung der Undulationstheorie nicht recht verständlich. (In der Emissionstheorie des Lichtes hängt dessen Geschwindigkeit von derjenigen der Lichtquelle ab; in ihr ist das zweite Postulat nicht erfüllt). Das zweite Postulat zeugt für die Abstammung der Relativitätstheorie von der Feldtheorie. Diesen Ursprung möchten die radikalen Relativisten, die Feinde des « Äthers », gerne verleugnen.

Demgegenüber macht E. Wiechert folgende Bemerkung: Wenn die Richtigkeit aller Aussagen der Relativitätstheorie, insbesondere die Existenz einer oberen Grenze für alle Geschwindigkeiten, experimentell festgestellt wäre, so würden die Physiker sich gewiss zur Aufstellung einer Feldtheorie gedrängt sehen, wobei jene Grenzgeschwindigkeit als Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kräfte in dem raumerfüllenden Medium ihre Deutung fände. Wiechert sucht so, aus relativistischen Ideen heraus, den Äther zu rekonstruieren.

Übrigens finden sich, dem historischen Ursprunge der Relativitätstheorie gemäss, eine ganze Reihe von Zügen der Maxwell-Lorentz'schen Theorie in ihr wieder. So werden die oben erwähnten Begriffe der Feldenergie, der Spannungen, der Energieströmung und des Feldimpulses von ihr übernommen. In ihr findet auch die Beziehung zwischen den beiden letztgenannten Vektoren Platz, welche durch den Satz formuliert wird: Die in der Volumeinheit enthaltene Bewegungsgrösse ist gleich dem Energiestrome, geteilt durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit. Dieser Satz, den M. Laue den « Satz von der Trägheit der Energie » nennt, wird sogar von M. Planck für Energieströme beliebiger Art als gültig angesehen. Hieraus

ergibt sich eine bemerkenswerte Verallgemeinerung einer bereits in der Feldtheorie auftretenden Beziehung zwischen der trägen Masse eines Körpers und seiner Energie. Die elektromagnetische Masse eines langsam bewegten Elektrons z. B. ist in der oben skizzierten Dynamik proportional seiner elektrostatischen Energie; ebenso besitzt ein mit Wärmestrahlung erfüllter Hohlraum, nach F. Hasenörl und K. Mosengeil, eine träge Masse, die der gesamten Energie der Strahlung proportional ist. Schreibt man, gemäss dem Satze von der Trägheit der Energie, auch den Energieströmen, welche durch die Spannungen im Innern des Elektrons, bezw. in der Wand des Hohlraumes hervorgerufen werden, eine Bewegungsgrösse zu, so vereinfacht sich die Beziehung und lautet folgendermassen:

$$m = \frac{E}{c^2}.$$

Sie gilt dann für jede Energieform.

Die Trägheit der Materie ist hiernach durch ihren Energieinhalt bedingt; jedem Energieverlust, z. B. durch Wärmeabgabe, entspricht eine Abnahme der trägen Masse. Freilich, in Anbetracht der Kleinheit des Faktors c^2, ist die Massenabnahme, die der Wärmetönung der gewöhnlichen chemischen Reaktionen entspricht, verschwindend klein. Die gesamte Energie der Moleküle andererseits, die sich aus jener Formel unter Einsetzen des Wertes ihrer Masse berechnet, ist weit grösser, als diejenige, die für solche chemischen Reaktionen in Frage kommt. Man vermutet, dass diese Energie im Inneren der Atome ihren Sitz hat. Weiss man doch, dass bei den radioaktiven Transformationen der Atome Energiemengen weit höherer Grössenordnung abgegeben werden, als bei sonstigen chemischen Reaktionen. Bei diesen Transformationen findet ja auch eine Abnahme der Masse statt; doch findet sich fast die ganze Masse des transformierten Atomes in den Produkten der Umwandlung, zu denen auch die als α- Strahlen emittierten Heliumatome gehören, wieder; derjenige Bruchteil der Masse, der mit der kinetischen Energie der entsandten Strahlungen und der abgegebenen Wärme verloren geht, ist gering (etwa 10^{-4}). Immerhin ist er nicht ganz zu vernachlässigen. Könnte man die Massenbilanz der radioaktiven Umwandlungen bis auf Grössen von der Ordnung 10^{-4} genau

aufstellen, so wäre es möglich, jene theoretische Beziehung zwischen Masse und Energie zu prüfen.

Der Satz von der Trägheit der Energie ist, wie wir gesehen haben, nicht der Relativitätstheorie eigentümlich. Er wurzelt in den Vorstellungen der Feldtheorie über die Übertragung der Energie und der Kräfte, die freilich erst in der durch relativistische Ideen beeinflussten Phase ihre vollständige Ausbildung gefunden haben.

Kehren wir nun zur Gegenüberstellung von Feldtheorie und Relativitätstheorie zurück. Die Feldtheorie gibt uns ein in sich folgerichtiges Weltbild, das einen überaus umfangreichen Kreis von Erfahrungen umfasst. Hingegen ist die Relativitätstheorie eine unvollständige. Sie beschränkt ihre Aussagen auf den Fall gleichförmiger, geradliniger Bewegung, während die Theorie des elektromagnetischen Feldes sich auch auf beschleunigte und krummlinige Bewegung bezieht. Solche Bewegungen der Elektronen erregen elektromagnetische Wellen, die Energie mit sich führen; so erklärt sich die Emission des Lichtes. Es besteht hiernach keine Äquivalenz zwischen gleichförmiger geradliniger Bewegung des Elektrons einerseits und beschleunigter oder krummliniger Bewegung andererseits, da die letztere keinen Energieverlust zur Folge hat.

Auf jede Elektronenbewegung, die von der geradlinigen gleichförmigen abweicht (von ganz singulären Fallen abgesehen), wirkt hiernach das Feld doch ein, indem es dem Elektron Energie entzieht. Die radikalen Relativisten haben also unrecht, wenn sie die Idee des Feldes und seines Trägers als entbehrlich hinstellen. Einstweilen ist es der Relativitätstheorie nicht möglich, sich von der Feldtheorie zu emanzipieren, an die sie durch das zweite Postulat gekettet ist.

Die Quelle jener radikal relativistischen Tendenz ist offenbar das erste Postulat, das zur Ausdehnung auf beliebige Bewegungen verlockt. Gelänge es, dieses Postulat auf ungleichförmige und rotierende Bewegungen eines Systemes auszudehnen, d. h. die Äquivalenz eines so bewegten Systemes mit einem ruhenden darzutun, so wäre in der Tat der « Äther » überflüssig gemacht. Doch folgt schon daraus, dass die Rotation eines mechanischen Systemes sich durch die Zentrifugalkräfte bemerkbar macht, die Nichtäquivalenz zweier relativ zu einander rotierender Systeme.

Wir erkennen in der Einstein'schen Relativitätstheorie

von 1905 ein Kompromiss zwischen zwei heterogenen Vorstellungskreisen. Der streng relativistische Gedanke ist bestrebt, die relative Bewegung der Materie als allein massgebend, das Feld nebst seinem Träger hingegen als entbehrlich hinzustellen. In ihm wurzelt das erste Postulat, während das zweite der Feldtheorie entlehnt ist. Diese innere Zwiespältigkeit birgt in sich den Keim des Zerfalles. Jenes Kompromiss konnte nur so lange dauern, als man lediglich gleichförmige geradlinige Bewegungen in Betracht zog, und die zu behandelnden Erscheinungsgebiete vorsichtig auswählte. Jeder Versuch einer Erweiterung der Theorie musste das unnatürliche Bündnis sprengen.

Die Krisis der Relativitätstheorie begann, als sie es unternahm, die Schwerkraft in den Bereich ihrer Betrachtungen zu ziehen. Wir haben oben von der Trägheit der Energie gesprochen, und von der Möglichkeit, sie durch Aufstellung einer genauen Energie- und Massen-Bilanz der radioaktiven Transformationen zu prüfen. Nun erfolgt aber die chemische Massenbestimmung mit der Wage, sie bezieht sich nicht auf die träge Masse, sondern auf das Gewicht. Doch ist, seit Galilei gezeigt hat, dass die Schwerkraft allen Körpern die gleiche Beschleunigung erteilt, die Proportionalität von Gewicht und Trägheit ein anerkanntes Gesetz. Wäre die träge Masse nicht stets gleich der schweren, so würde die Kraft, welche an der Erdoberfläche auf die Massen wirkt, für chemisch verschiedene Körper verschiedene Richtungen haben; denn sie ist die Resultierende aus der Erdanziehung, welche der schweren, und der Zentrifugalkraft, welche der trägen Masse proportional ist. Dass dem nicht so ist, dass vielmehr die Richtung der resultierenden Massenkraft, d. h. die Lotrichtung, für alle Körper die gleiche ist, hat B. Eötvös durch äusserst genaue Untersuchungen bewiesen. Schreibt man der Energie Trägheit zu, so muss man ihr demnach auch Schwere zuerkennen, gemäss der Beziehung

$$m c^2 = E.$$

Nimmt man diese *Beziehung zwischen schwerer Masse und Energie* an, so fliessen die Gesetze der Erhaltung der Energie und der *Erhaltung des Gewichtes* in ein einziges zusammen.

Nun ändert sich aber die Energie eines Körpers bei Verschiebung im Schwerefelde; sie wächst z. B., wenn man den

Körper hebt, da hierbei Arbeit gegen die Schwerkraft geleistet wird. Dieser Änderung der Energie E muss, der obigen Gleichung zufolge, entweder eine Änderung der Masse m oder der Lichtgeschwindigkeit c im Schwerkraftfelde entsprechen.

Die letztgenannte Hypothese — *Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit vom Gravitationspotential* — ist von A. Einstein (1911) aufgestellt worden, der damit die Axt an eine der Wurzeln seiner früheren Relativitätstheorie legte.

Ich habe dann (1912) eine Theorie des Schwerefeldes entworfen, die auf folgendem Gedankengange beruht. Wie oben erwähnt wurde, hat man Grund anzunehmen, dass die Gravitation sich mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzt; dass die astronomischen Tatsachen dem nicht im Wege stehen, legt z. B. W. Ritz (« Scientia », vol. V (1909), N. X-2) dar. Nun sind aber in einem Medium, welches Wellen mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortpflanzt, nach einem allgemeinen Satze der Wellenlehre nur zwei Arten von Wellen möglich, nämlich transversale und longitudinale. Für die ersteren gelten Feldgleichungen vom Typus der Maxwell'schen; die Annahme transversaler Wellen würde also zu einer elektromagnetischen Gravitationstheorie führen. Jedoch einer solchen stehen, in Folge des verschiedenen Sinnes der Kräfte — Massenanziehung gegenüber der Abstossung gleichnamiger Ladungen — Schwierigkeiten im Wege, die schon Maxwell bemerkt hat. Es wird nämlich die Energie des Schwerefeldes negativ; dies bedingt, wie z. B. W. Ritz in dem soeben erwähnten Artikel hervorhebt, Instabilität des Gleichgewichtes in einer solchen Feldtheorie. Dennoch haben sich seit Maxwell noch viele namhafte Forscher um die elektromagnetische Theorie der Schwerkraft bemüht, freilich ohne rechten Erfolg. Das elektromagnetische Schema scheint zu speziell zu sein, um die Gravitation zu umfassen; will man zu einer befriedigenden Nahewirkungstheorie der Schwerkraft gelangen, so muss man die Hypothese des universellen Elektromagnetismus verlassen. Dann lässt aber der obige Gedankengang keinen anderen Ausweg, als eine Fortpflanzung der Schwerkraft in *longitudinalen Wellen* anzunehmen. So setzte ich denn für das Schwerepotential die bekannte Wellengleichung an; für statische Felder reduziert sich dieselbe auf die Poisson'sche Gleichung der gewöhnlichen Potentialtheorie.

In der neuen Feldtheorie der Gravitation wird der im

Felde steckende Teil der Energie positiv; das Gleichgewicht ruhender Massen wird somit stabil. Die Übertragung der Kräfte erfolgt durch Spannungen, diejenigen der Energie durch einen Energiestrom, welcher entsprechend dem Satze von der Trägheit der Energie eine Bewegungsgrösse besitzt. Es lassen sich also alle wesentlichen Lehren der Feldtheorie durchführen, auch wenn man das spezielle elektromagnetische Schema in der angedeuteten Weise ergänzt. Dann hängt das elektromagnetische Feld von sechs Grössen ab, nämlich den Komponenten des elektrischen und magnetischen Vektors, das Schwerefeld hingegen von vier Grössen, nämlich den vier partiellen Ableitungen des Gravitationspotentials nach den Koordinaten und der Zeit; dort sind es sechs, hier vier Grössen, welche Energie, Energiestrom und Spannungen des Feldes bestimmen.

Vereinigt man hiermit die Einstein'sche Idee einer Verknüpfung zwischen Lichtgeschwindigkeit und Schwerepotential, so sind es Veränderungen im Werte der Lichtgeschwindigkeit, die sich in jenen longitudinalen Wellen fortpflanzen, ähnlich wie sich in den Schallwellen Störungen des Druckes und damit der von ihm abhängigen Schallgeschwindigkeit ausbreiten. Der Satz von der Schwere der Energie lässt sich dann zwanglos in die Theorie einfügen.

Von G. Mie ist eine Modifikation der Theorie angegeben worden, welche mit der Relativitätstheorie von 1905 im Einklang ist. Um das Postulat der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit aufrecht zu erhalten, lässt dieser Physiker statt ihrer die Masse vom Gravitationspotential abhängen. Da indessen nicht die Summe, sondern die Differenz von potentieller (bezw. elektrischer) und kinetischer (bezw. magnetischer) Energie gegenüber den Raum-Zeit-Transformationen der Relativitätstheorie invariant bleibt, so sieht er sich genötigt, die Schwere eines Körpers dieser Differenz proportional zu setzen. Es würde hiernach der potentiellen (bezw. elektrischen) Energie ein positives, der kinetischen (bezw. magnetischen) ein negatives Gewicht zukommen. Bei einer mechanischen oder elektromagnetischen Schwingung in einem abgeschlossenen System, bei der periodisch Umwandlungen der Energie aus der potentiellen Form in die kinetische, oder aus der elektrischen Form in die magnetische, und umgekehrt, stattfinden, würde das Gewicht des Systemes kleine, wenn auch un-

merkliche, periodische Änderungen erfahren. Ferner würde in dieser relativistischen Gravitationstheorie die Gewichtsbilanz radioaktiver Prozesse nicht mit der Energiebilanz konform gehen; wenn etwa aus einem Elemente *A* ein anderes *B* entsteht, welches einen geringeren Betrag kinetischer oder magnetischer Energie enthält, so würde, da dieser Energieanteil mit negativem Gewicht in Rechnung zu stellen ist, der Abnahme der Energie eine Zunahme des Gewichtes entsprechen. Es würde in dieser Theorie also das Gesetz der Erhaltung des Gewichtes für ein abgeschlossenes System nicht strenge gelten. Da andererseits die träge Masse der Energie proportional bleibt, so gilt bei Mie auch die Identität von schwerer und träger Masse nicht mehr genau. Mir scheinen jedoch die Sätze von der Erhaltung des Gewichtes und von der Identität der schweren und der trägen Masse mindestens ebenso genau geprüft zu sein, wie die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Ich ziehe es daher mit Einstein vor, die letztere zu opfern.

In einer vor kurzem erschienenen Arbeit versucht G. Nordström, die Theorie des Schwerefeldes so weiterzubilden, dass die Proportionalität von schwerer und träger Masse in möglichst weitem Umfange gewahrt bleibt, ohne dass jedoch das Postulat der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit aufgegeben wird. Dies gelingt auch für Systeme, die sich in Ruhe oder in stationärer Bewegung befinden. Doch kann Nordström nicht zeigen, dass sich bei radioaktiven Umwandlungen das Gewicht proportional der Trägheit ändert.

Ferner sieht sich die Nordström'sche Theorie gezwungen, die Länge eines jeden Massstabes und den Gang einer jeden Uhr vom Schwerepotential abhängig anzunehmen. Im Schwerefelde, wo das Potential von Ort zu Ort seinen Wert ändert, würden die Angaben solcher Massstäbe und Uhren sich nicht in das universelle relativistische Raum-Zeit-Schema einfügen, in welchem das Postulat der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit gilt. Ob eine solche Abweichung der lokalen Raum-Zeit-Messung von der universellen optischen Raum-Zeit-Definition noch im Sinne der Relativitätstheorie von 1905 als zulässig gelten kann, mag dahingestellt bleiben.

Einstein selbst hat sich ebenfalls mit der Theorie der Schwerkraft beschäftigt. Dabei ging er zunächst von Prämissen aus, welche zum Teil der alten Mechanik, zum Teil der Relativitätstheorie von 1905 entsprachen, obwohl er deren

zweites Postulat aufgab; auch stellte er eine neue, die Gravitation umfassende Relativitätstheorie in Aussicht, deren Entwurf nunmehr vorliegt (*Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und einer Theorie der Gravitation,* von A. Einstein und M. Grossmann, B. G. Teubner, Leipzig, 1913).

Die Verfasser setzen eine beliebige Raum-Zeit-Transformation an. Von den zehn Koeffizienten, welche im Infinitesimalen Raum und Zeit definieren, soll das Gravitationsfeld abhängen. Das statische Feld soll lediglich den Wert der Lichtgeschwindigkeit und damit den Gang der Uhren beeinflussen; das dynamische Feld soll ausserdem Dehnungen und Verzerrungen des Koordinatennetzes hervorrufen. Dieser Ansatz einer verallgemeinerten Relativitätstheorie entbehrt nicht der Grosszügigkeit. Es gelingt den Verfassern des « Entwurfes » auch, mit Hilfe der von Ricci und Levi-Civita entwickelten Methode der « absoluten Differentialrechnung », den elektromagnetischen und den dynamischen Grundgleichungen eine Form zu geben, die wenigstens im Infinitesimalen der Forderung der Relativität in Bezug auf jene allgemeine Transformation genügt. Doch gerade das Gravitationsfeld selbst, dessen Einordnung in die Relativitätstheorie das eigentliche Ziel des « Entwurfes » zu sein schien, fügt sich nicht dem zu Grunde gelegten Schema; die von den Verfassern aufgestellten Differentialgleichungen des Schwerefeldes sind nicht invariant gegenüber jener allgemeinen Raum-Zeit-Transformation, d. h. ein System einander anziehender Massen, welches in ungleichförmiger oder rotierender Bewegung begriffen ist, ist im allgemeinen nicht äquivalent einem ruhenden Systeme.

Dass tatsächlich eine Relativität hinsichtlich rotierender Bewegungen nicht besteht, ist wohlbekannt; wenn sie bestünde, so wären wir nicht im stande, durch Beobachtungen über die Gestalt und das Schwerefeld der Erde auf ihre Drehung zu schliessen. Das Problem der « absoluten Rotation » ist vom Standpunkte der klassischen Mechanik aus eingehend erörtert worden. Die meisten Autoren sehen dabei die Grundgleichungen der Dynamik als nicht invariant gegenüber Rotationsbewegungen an; diese Auffassung ist indessen nur dann berechtigt, wenn man das Kraftfeld als gegeben betrachtet. Demgegenüber hat G. Giorgi gezeigt, dass man den Newton'schen Bewegungsgleichungen sehr wohl eine relativistische Form geben kann. In der Tat, ein Beobachter, der an einen

bestimmten Ort an der Erdoberfläche gebunden ist, wird alle Massenkräfte, auch die Zentrifugal- und Coriolis-Kräfte, zu den « Schwerkräften » rechnen dürfen; dann kann er das zweite Axiom der Newton'schen Mechanik trotz der Rotation seines Bezugssystemes ungeändert lassen. Doch wird dann — und entsprechend verfährt der Einstein-Grossmann'sche Entwurf — lediglich die Schwierigkeit aus der Dynamik in die Theorie der Gravitation verlegt. Nämlich dann, wenn die Beobachtungen verschiedener Stationen zusammengestellt werden, d. h. wenn das Schwerefeld der Erde ermittelt wird, zeigt es sich, dass dieses Feld nicht demjenigen entspricht, welches gemäss dem Newton'schen Attraktionsgesetz die ruhende Erde erregen würde. Denn nach diesem Gesetze liegen die Quellen des Schwerefeldes lediglich in den anziehenden Massen; das scheinbare Schwerefeld der rotierenden Erde dagegen enthält einen Bestandteil (das Feld der Zentrifugalkraft), dessen Quellen nur von der Drehungsgeschwindigkeit der Erde abhängen. Es wird also, wenn man die Zusatzkräfte der Rotation zu den « Schwerkräften » rechnet, zwar die Dynamik relativistisch, aber das Schwerefeld eines rotierenden Systemes bleibt dann nicht äquivalent demjenigen des rotationslosen Systemes. Es ist also verfehlt, eine Theorie der Gravitation zu suchen, welche dem allgemeinen relativistischen Schema entsprechen soll; selbst wenn eine solche Theorie mathematisch zulässig sein sollte, so wäre sie doch physikalisch unrichtig.

An der Klippe der Schwerkraft scheitert also jede Relativitätstheorie, sowohl die spezielle von 1905, wie die allgemeine von 1913. Die relativistischen Ideen sind offenbar nicht weit genug, um einem vollständigen Weltbilde als Rahmen zu dienen.

Doch bleibt der Relativitätstheorie ein historisches Verdienst um die Kritik der Begriffe von Raum und Zeit. Sie hat uns gelehrt, dass diese Begriffe von den Vorstellungen abhängen, die wir uns von dem Verhalten der zur Messung von Längen und Zeitintervallen dienenden Massstäbe und Uhren bilden, und die mit ihnen dem Wandel unterworfen sind. Dies sichert der Relativitätstheorie ein ehrenvolles Begräbnis.

Aber welches auch das Los der Relativitätstheorie sein möge, die neue Mechanik wird weiter blühen; denn sie formuliert keineswegs ein starres System von Axiomen, sondern sieht ihre Aufgabe lediglich darin, die Mechanik in Fühlung

mit den übrigen Disziplinen der Physik zu halten. So werden denn auch künftig die wechselnden Schicksale der physikalischen Theorien die Mechanik beeinflussen. Aber auch die Lehren der Mechanik werden regulierend und vielfach entscheidend bei der Bildung der physikalischen Weltanschauung mitwirken.

Milano, Politecnico.

M. Abraham

LA NATURA DEI RAGGI X[1]

Il gradito ed immeritato onore che avete voluto farmi l'anno scorso, o Radiologi italiani, accogliendomi fra voi quale Presidente onorario della vostra nuova e già fiorente Società, ha reso per me doveroso l'accettare l'invito ad inaugurare con una mia comunicazione d'indole scientifica il vostro odierno Congresso, benchè io sappia di essere un profano rispetto alle Scienze Biologiche e Mediche, nelle quali voi siete provetti. Non vi aspettate però da me uno di quei discorsi accademici a fiorito stile, che nell'epoca attuale, caratterizzata da tanto fervore di ricerca scientifica e di progresso, sono, secondo me, da considerarsi per lo meno come non indispensabili: preferisco trattare qualche questione, che possa interessarvi, adottando la forma più semplice e piana, sacrificando cioè ogni pregio di frase alla concisione e alla chiarezza di esposizione.

Fortunatamente non mi trovo imbarazzato nella scelta del soggetto da trattare, giacchè in quello stesso campo di ricerche, nel quale fu fatta la scoperta dei meravigliosi raggi, che sapientemente adoperate a vantaggio dell'umanità, si sono ottenuti in questi ultimi mesi, potrei dire in queste ultime settimane, nuovi ed importanti risultati, i quali permettono di sollevare alquanto quell'opaco velo di mistero, che fin qui ha nascosto i fenomeni scoperti dal Röntgen.

Rendendovi conto succintamente di questi risultati e delle

[1] Discorso inaugurale pel primo Congresso Italiano di Radiologia, tenuto in Milano il 12 ottobre 1913.

conseguenze principali a cui conducono circa la probabile natura dei raggi X potrò, senza uscire dai confini della scienza alla quale ho dedicato ogni mia energia, sfiorare il campo dell'attività vostra.

Il fisico di Würtzburg (ora di Monaco) essendosi accorto, che nelle vicinanze di un tubo da scarica a gas rarefatto circondato tutto intorno da corpi opachi, certe sostanze, e particolarmente quelle che sono fosforescenti anche sotto l'azione della luce, s'illuminavano, con acute indagini ed esperienze ingegnose fu condotto ad asserire, che da quel tubo si sprigionava una nuova radiazione dotata di alcune delle proprietà possedute dalla luce e dai raggi catodici (dalla cui esistenza entro il tubo dipende quella dei nuovi raggi), cioè dotata di potere fosforogenico e fotografico, ma avente come qualità caratteristica un potere di penetrazione enormemente maggiore, tanto da poter attraversare ogni specie di corpo sino a profondità generalmente tanto più grande quanto minore è la densità del corpo stesso. In breve tempo il Röntgen riconobbe altresì, che i nuovi raggi, da lui denominati raggi X, non potevano dar luogo ai principali fenomeni dei raggi di luce, come riflessione, rifrazione, ecc. Infine riescì ad assicurarsi, che le ombre prodotte su corpi fosforescenti o su preparati fotografici da oggetti posti sul cammino dei raggi presentano tali contorni da dimostrare che essi sono perfettamente rettilinei, e che partono direttamente dai punti in cui entro il tubo da scarica i raggi catodici sono arrestati dalla parete o da un corpo collocato espressamente per compiere tale ufficio, cioè l'anticatodo.

Non ho bisogno di rammentarvi che questi famosi raggi catodici, lo studio dei quali ha condotto in pochi anni a tali risultati da generare un radicale rinnovamento dei nostri concetti scientifici e filosofici fondamentali, non sono altro che le vie percorse con vertiginosa velocità da certe particelle chiamate elettroni, che sono, per così dire, gli atomi della sostanza incognita e primordiale chiamata elettricità (o meglio elettricità negativa), e in pari tempo, secondo l'opinione oramai unanime, gli elementi costitutivi degli atomi materiali. È poi in essi e nei loro rapidi moti che risiedono le cause prime di tutti i fenomeni del mondo fisico.

Non occorre parli qui degli effetti elettrici prodotti dai raggi X, che furono simultaneamente scoperti, pochi giorni

dopo che era apparsa la prima pubblicazione del Röntgen, da un fisico russo, da uno svizzero, da uno francese, e da chi vi parla in questo momento, perchè non hanno per voi che un limitato interesse, quantunque forniscano il più sensibile e preciso metodo per studiare i raggi stessi.

Che esista un legame di causa ad effetto fra l'arresto brusco degli elettroni contro l'anticatodo e la produzione dei raggi X sembrò subito oltremodo probabile, tanto più che le nostre teorie fisiche (il cui grado di attendibilità è generalmente assai maggiore di quello, che si suole considerare come sufficiente in altre scienze onde una teoria venga da tutti accolta con piena fiducia) ci avevano già insegnato, che ogni brusca variazione di velocità d'un corpo elettrizzato fa nascere nell'etere universale una di quelle perturbazioni elettromagnetiche, le quali, quando siano periodiche o oscillatorie, danno origine alle onde di luce. I raggi X differirebbero quindi dai raggi luminosi solo per la mancanza di periodicità, ciò che spiegherebbe l'impossibilità di produrre con essi certuni dei fenomeni dell'Ottica.

Sino a poco tempo fa quest'era l'ipotesi generalmente ammessa. Un'altra ipotesi, secondo la quale i nostri raggi sarebbero di natura corpuscolare, non ha avuto molta fortuna, e meno che mai potrebbe essere sostenuta dopo conosciuti i nuovi fatti, di cui intendo intrattenervi, i quali conducono invece ad ammettere una più intima somiglianza dei raggi di Röntgen coi raggi luminosi.

Ma anche indipendentemente da questi fatti nuovi si deve osservare, che la supposizione secondo la quale i raggi X non posseggono carattere vibratorio, non è necessaria, e basta ammettere invece che siano dotati di lunghezza d'onda estremamente piccola per rendere conto di tutte le loro proprietà. Per bene comprenderlo ricorrerò ad una analogia, di cui si fa spesso largo uso.

Le onde sonore sono regolarmente riflesse da un corpo di dimensioni convenienti, come un muro, una larga lastra metallica, ecc., ma non lo sono da un corpo di piccole dimensioni, per esempio un palo piantato in terra. La ragione sta in ciò, che la formazione dell'onda riflessa richiede il concorso di buon numero di quelle onde sferiche secondarie o elementari, cui dà origine ogni minima porzione del corpo colpito dalle onde incidenti; ciò che esige pel corpo riflettente dimen-

sioni tanto più grandi, quanto più grande è la lunghezza d'onda, e quindi quanto più grave è il suono. Così un suono acutissimo può essere riflesso da un ostacolo, che sia troppo piccolo per dare la riflessione regolare d'un suono grave.

Non mi fermo a definire la lunghezza d'onda, perchè basta guardare le onde superficiali che si creano gettando un sasso in acqua tranquilla, per averne un'idea. Come queste onde altro non sono che anelli alternativamente sporgenti o incavati, le onde sonore nell'aria sono strati sferici in cui si trova alternativamente aria un po' compressa o un po' rarefatta; e mentre nel caso dell'acqua la lunghezza d'onda è la distanza fra due successivi anelli sporgenti oppure incavati, nel caso del suono è la distanza fra due successivi strati o compressi o rarefatti.

Ora, la lunghezza d'onda nel caso dei suoni percettibili va da meno di un centimetro a oltre venti metri, mentre le lunghezze d'onda per le vibrazioni generanti la luce sono tanto piccole, da valutarsi comodamente in decimillesimi di millimetro. Perchè anche colla luce cessi di verificarsi la riflessione regolare occorre quindi che le dimensioni del corpo da essa colpito siano piccolissime. Effettivamente ogni indizio della propagazione rettilinea della luce sparisce, allorchè si fanno intervenire nei fenomeni ottici sorgenti luminose piccolissime, corpi opachi esilissimi o strettissime aperture; ed in tal caso si presentano quei fenomeni detti di diffrazione, lo studio dei quali ha tanto contribuito a chiarire la natura ondulatoria della luce. Qui non si tratta di scoperte recenti, giacchè il primo fatto di questo genere fu descritto due secoli e mezzo fa dal monaco bolognese Grimaldi.

Analogamente, basterà supporre le lunghezze d'onda dei raggi X molto più brevi di quelle dei raggi di luce, perchè, non essendo più lecito il fare astrazione dagli intervalli esistenti fra molecola e molecola, ognuna di queste agisca indipendentemente, e, stante le sue scarse dimensioni, non possa dare luogo alla riflessione regolare, ma solo a diffrazione.

Alcuni fisici tentarono di ottenere, non senza qualche indizio di successo, di cui ora meglio si apprezza il valore, fenomeni di diffrazione, facendo passare i raggi X attraverso fenditure estremamente strette; ma una esperienza eseguita a Monaco pochi mesi fa da tre fisici, Laue, Friedrich e Knipping, ripetuta subito dopo, completata e discussa da vari altri,

toglie di mezzo ogni incertezza circa il carattere vibratorio di detti raggi.

Tale esperienza, benchè di grande importanza per le conseguenze cui conduce, è per sè stessa semplicissima, e sarebbe forse considerata come una semplice curiosità da chi non sappia afferrarne il significato; ciò che del resto è frequentemente il risultato immediato in simili casi.

Poche parole mi basteranno per descrivervela in modo da mettere in grado di ripeterla ognuno, che lo desideri.

Un certo numero di lastre di piombo parallele riparano in gran parte dall'azione diretta dei raggi X provenienti da uno dei comuni tubi destinati a generarli, un piccolo corpo a struttura cristallina, per esempio salgemma, il limpido minerale reso celebre dalle classiche ricerche del Melloni. Tutti quei diaframmi portano un forellino piccolissimo; e siccome tali fori sono bene allineati, un esilissimo fascio di raggi arriva a colpire il cristallo. A qualche distanza da questo è collocata una lastra fotografica, anch'essa al riparo delle lastre di piombo e avvolta in carta nera per ovvia ragione. Dopo qualche ora di posa si trova sulla lastra, debitamente trattata coi soliti rivelatori e fissatori fotografici, non solo una macchia nera dovuta all'azione diretta dell'esile fascio di raggi X, se questo incontrava la lastra, ma un gran numero di altre macchie di diversa intensità, distribuite in una maniera regolare corrispondente alle simmetrie strutturali del cristallo. È come se invece di raggi X si adoperasse un raggio di luce, e questo incontrasse un brillante producente colle sue numerose faccette tanti fasci di luce riflessa.

Studiate a fondo questa ed altre analoghe esperienze, si è arrivati a comprendere, che in esse si tratta di un fenomeno di diffrazione simile a quello che producono i nostri reticoli, ma assai più complicato, in quanto che gli elementi attivi sono distribuiti nello spazio e non sopra una superficie.

Ad onta di tale complicazione, e valendomi ancora di opportune analogie, spero di riuscire a darne subito un'idea abbastanza chiara. E se il mio modo di esporre vi sembrerà banale, e troppo al disotto del livello delle vostre cognizioni scientifiche, me ne assolverete, io spero, tenendo conto unicamente della mia buona intenzione, che è quella di risparmiarvi la noia di una attenzione soverchia.

Ho detto pocanzi che un semplice palo verticale non dà

in modo sensibile la riflessione di onde sonore; una palizzata può invece produrre benissimo la eco. Ebbene, consideriamo un caso intermedio, cioè un gran numero di pali messi in fila, ma separati da intervalli. Ognuno di essi, quando è raggiunto dall'onda sonora, diventa centro e origine di onde secondarie, che si propagano tutt'intorno. Se gli intervalli fra i pali fossero nulli, l'assieme di esse formerebbe l'ordinaria onda riflessa; l'esservi gli intervalli non fa che sopprimere le onde elementari che proverrebbero dai pali assenti, per cui, qualora i detti intervalli non siano troppo grandi, il risultato si riduce semplicemente ad una diminuzione d'intensità dell'onda riflessa. A rigore, oltre all'onda pseudo-riflessa si verifica una propagazione di suono anche in altre direzioni, che però ha poca importanza; cosicchè si può dire, che la fila di pali, purchè questi non siano troppo radi, imita l'effetto riflettente della palizzata.

Supponiamo adesso, che dietro quella fila di pali ve ne siano tante altre simili e parallele alla prima, separate da intervalli eguali. Anch'esse naturalmente daranno origine ad onde riflesse, e tutte queste onde si propagheranno insieme in una stessa direzione, che è quella definita dalle note leggi della riflessione. Se esse raggiungono un osservatore, questo percepisce il suono recato da esse.

Siamo adesso al punto più delicato della spiegazione. Bisogna comprendere come l'intensità di tale percezione sonora dipenda dalla distanza che separa una fila dalla successiva. Perciò si consideri, che le onde riflesse dalle varie file di pali si propagano bensì in una comune direzione, ma giungono all'ascoltatore in epoche successive, giacchè quelle provenienti da una delle file arrivano più tardi di quelle provenienti dalla fila precedente più vicina a chi ascolta, e prima di quelle provenienti dalle file più lontane. L'intervallo di tempo, che separa gli arrivi delle onde riflesse originate da una stessa onda incidente dipende evidentemente dalla distanza fra le file a parità di direzione delle onde in arrivo.

Ciò messo in chiaro, supponiamo che per caso questo intervallo di tempo sia uguale alla metà della durata di ogni singola vibrazione sonora. Accadrà evidentemente, che le onde riflesse da due successive file di pali si distruggano fra loro, ossia si verificherà l'interferenza, perchè difatti, se ad un determinato istante uno dei due treni di onde riflesse porta al-

l'orecchio di chi ascolta una compressione d'aria, l'altro determina rarefazione, e viceversa. Ma se invece l'intervallo di tempo suddetto è uguale alla durata di ogni vibrazione del corpo sonoro (oppure ad un suo multiplo), le onde riflesse da tutte le file di pali arrivano con fasi concordanti, ed i loro effetti si sommano. E così si comprende, che quando la riflessione ha luogo colla massima intensità, sussiste una nota relazione fra la distanza di ogni fila dalla successiva e la lunghezza d'onda.

Quanto precede è in sostanza applicabile alle onde luminose, come pure ai raggi X, se anche per essi ammettiamo (come appunto indica l'esperienza che ci occupa) la natura vibratoria originaria. Ai pali dell'esperienza acustica supporremo perciò sostituiti gli elementi costitutivi di un corpo cristallizzato.

È noto da tempo, che per render conto delle proprietà fisiche e della mirabile architettura dei cristalli è necessario supporre, che le loro molecole siano distribuite in una regolarissima maniera. Per rimanere nel caso più semplice possibile, che è quello appunto del salgemma, bisogna attribuire alle molecole una distribuzione spaziale, che può dirsi cubica, e che facilmente riusciremo a concepire col seguente artificio. Si supponga d'avere un gran numero di dadi tutti fra loro uguali, e di averne disposti molti sopra un tavolo, ponendoli gli uni accanto agli altri in modo da non lasciare intervalli e da formare una specie di scacchiera. Su ciascuno di quei dadi se ne collochi un altro onde formare un secondo strato, il quale occuperà il posto che potrebbe assumere il primo, qualora venisse spostato verticalmente dal basso all'alto; e in modo simile si costruiscano altri strati successivi. Se, fatti ad un tratto sparire i dadi, immaginiamo che in ciascuno dei punti dello spazio fino allora occupati dai vertici di questi sia collocata una molecola, avremo realizzata davanti agli occhi della mente la regolare struttura del nostro cristallo.

Pur conservando la stessa distribuzione di punti nello spazio sarà poi lecito, ed anzi preferibile secondo il Sig. W. L. Bragg, ammettere, che in ognuno di quei vertici si trovi, non una molecola, ma un semplice atomo, di cloro o di sodio pel caso del salgemma, in modo però che gli atomi delle due specie si alternino, sia lungo le direzioni dei lati dei cubi, sia lungo quelle delle loro diagonali.

L'esperienza descritta si spiega bene (e non può spiegarsi altrimenti) se si ammette la natura vibratoria dei raggi X; ed è in questo senso che si può asserire essere tale conclusione dimostrata vera da quella esperienza.

Ed ecco come.

Rispetto alle cortissime onde cui sono dovuti i raggi X le singole molecole o i singoli atomi regolarmente distribuiti nel modo ora spiegato, si comporteranno come i singoli pali dell'ipotetica esperienza d'acustica.

Tutte le particelle situate in uno stesso piano, e quelle giacenti nei piani paralleli al primo, rifletteranno i raggi e produrranno un'immagine sulla lastra fotografica, se l'inclinazione dei raggi stessi e le distanze fra quei piani sono tali, da dar luogo all'accordo delle fasi delle onde riflesse. Se il fascio dei raggi adoperati non è omogeneo, e se per esempio esso consta, come la luce bianca, d'un gran numero di raggi di svariate lunghezze d'onda, si potranno avere varie immagini; ma anche con un'unica lunghezza d'onda se ne avrà in generale un certo numero, perchè in mille modi è possibile immaginare dei piani paralleli equidistanti sui quali siano ripartite le particelle costituenti il cristallo. Le orientazioni possibili per tali piani non sono altro, come risulta dalle leggi cristallografiche, che quelle delle possibili faccette terminali dei cristalli; però si avranno immagini riflesse abbastanza intense solo per opera degli strati paralleli di particelle su cui queste non sono troppo diradate.

E siccome in grazia di ricerche compiute in altri campi della fisica si conoscono con qualche approssimazione le distanze intermolecolari, e per esempio nel caso del salgemma si possono ritener tali, che sulla lunghezza di un millimetro si trovino intorno a tre milioni di molecole equidistanti, così l'esperienza descritta ha permesso di determinare in base a ciò la lunghezza d'onda media dei raggi X. Tale lunghezza d'onda risulta un migliaio di volte più piccola di quella media relativa ai raggi luminosi visibili.

Come si parla di spettro della luce, si può dunque parlare di spettro dei raggi X, che possono, per così dire, considerarsi come raggi ultra-ultravioletti. Per esempio si dirà, che un tubo ad anticatodo di platino dà uno spettro analogo a quello della luce bianca con in più certe righe più marcate; e ciò significherà, che sono emessi raggi X di svariatissime

lunghezze d'onda, e quindi in diverso grado penetranti, mentre certi raggi di determinate lunghezze d'onda sono generati con intensità maggiori. Questi raggi sono caratteristici pel platino mentre altre lunghezze d'onda caratterizzano altri corpi. Per esempio un anticatodo di rodio emette sopratutto raggi di due lunghezze d'onda poco differenti fra loro, per una delle quali l'intensità è assai maggiore che per l'altra.

In molti casi la stretta parentela esistente fra raggi X e raggi luminosi potrà essere utile nella discussione di certe esperienze, e in particolare di quelle nelle quali si ha assorbimento dei raggi, com'è il caso della lastrina d'alluminio, di cui fate uso nelle vostre cure, per trattenere i raggi meno penetranti, i quali danneggerebbero la cute assai più profondamente e gravemente che una giornata di sole sulla vetta delle Alpi. Essa agisce come un vetro azzurro posto sul cammino della luce bianca. Ma nel far uso di simili analogie non bisogna dimenticare, che mentre nelle esperienze ottiche si impiegano di solito corpi di perfetta trasparenza, tutti i corpi di fronte ai raggi X si comportano come torbidi, giacchè le singole loro molecole diffondono in ogni senso i raggi che le colpiscono, generalmente modificandone la lunghezza d'onda, e quindi il potere penetrante.

La natura dei raggi scoperti da Röntgen non può dunque più dirsi misteriosa. Quando dirigete i raggi provenienti dall'anticatodo dei vostri potenti tubi nel corpo d'una persona è, si può dire, un fascio di luce invisibile che fate agire sulle lastre fotografiche o fosforescenti, onde studiare nelle loro ombre le parti più inaccessibili del corpo umano. E quando portate la benefica azione dei raggi su organi malati per combattere il male nella sua sede profonda, è in certo modo una cura di luce che praticate.

Tutto ciò, ben inteso, costituisce una probabilità grandissima, non la certezza, la quale non è forse dato all'uomo di raggiungere. Ma l'ipotesi enunciata, secondo cui i raggi X sono della stessa natura dei raggi di luce, e quindi sono manifestazione di onde elettromagnetiche propagate nell'etere, è la più logica conseguenza che si possa trarre dai nuovi fatti, e costituisce una di quelle teorie fisiche, la cui utilità è incontestabile, perchè può guidare a nuove ricerche e forse ad importanti risultati.

E voi, che tanto spesso avete occasione di adoperare i

raggi di Röntgen, potrete forse rilevare nuove modalità nelle loro manifestazioni, con che la vostra Società, cui non può mancare un glorioso avvenire a vantaggio dell'arte di restituire la salute, diventerà, lo spero e lo auguro di cuore, altamente benemerita altresì pel futuro progresso della Scienza a me prediletta.

Bologna, Università.

AUGUSTO RIGHI

SAMUEL BUTLER

AND RECENT MNEMIC BIOLOGICAL THEORIES

The name of Samuel Butler is one that has been growing more and more familiar to English Biologists of late years: it is little, if at all to others, save for quotations in English writers, and a couple of references by R. Semon in his *Die Mneme.* Under these circumstances the Editors have asked me to write for « Scientia » a short account of his biological work in relation to Modern theories.

Samuel Butler was perhaps the most versatile genius of the Victorian age, with which his life (1835-1902) was practically coextensive. After a good public school education and University course, mainly classical according to our old English tradition, he began to prepare for ordination within the Church of England, but soon lost his faith, and with it, his vocation. He started sheepfarming in New Zealand with a small capital which he doubled in a few years; whereupon he sold out and returned to England. During his exile he took a lively interest in the controversy about Charles Darwin's recently published *Origin of Species,* and wrote letters and dialogues on the subject to the local newspaper, which drew down on him the ire of the orthodox, who had not yet learned to see that evolution was not necessarily a dangerous enemy to religion. On his return he studied painting with enough success to exhibit and to be well hung in the Royal Academy of Art, and one of his pictures now hangs in the National Gallery of British Art (Tait Gallery). During this period he developed ideas

which he had already foreshadowed in his journalistic essays into an imaginary description of the manners and customs of *Erewhon* (« *Nowhere* », reversed), an imaginary country of high civilisation in an all but inacessible valley « over the range » in New Zealand. This book is now recognised as a satire worthy of a place beside with *Gulliver's Travels* or Lucian's *True History.* Herein biological theory is again approached, and machines are recognised as sharing the qualities of their makers, and there is even more than a foreshadowing of the theses of *Life and Habit.* This book *Erewhon,* published anonymously in 1872, owed a certain popularity to the brilliancy of its satire; but its very success in this way doubtless contributed to the cold reception of his later work.

His next work (*The Fair Haven,* 1873) was a fictitious biography of a man who, having when young lost his faith in Christianity, had regained it by the reconsideration of the evidence for the resurrection of Jesus Christ: it concludes with the supposed notes on the matter left behind. This book appeared anonymously; and its ironical character was only apparent when in a second edition he affixed his name as the author of the book as well as of *Erewhon.* The reputation thus gained of a « Farceur » was not calculated to induce researchers and workers in biology to seek for real edification from future publications by the same author. We may note incidentally that *Erewhon,* alone among his books, appears to have enjoyed the honours of translation (Dutch, 1872; German, 1879).

His biological masterpiece *Life and Habit, An Essay after a completer view of Evolution* appeared in 1877: his later writings being largely controversial, or else developments of the body of doctrine enunciated in this. We must add the urgent plea for the recognition of Darwin's precursors, notably Buffon, Erasmus Darwin, and Lamarck, contained in his next book: *Evolution, Old and New* (1879). In the meantime Butler found that the main thesis of *Life and Habit,* had been anticipated by the great physiologist Ewald Hering as early as 1870 in his Address to the Anniversary Meeting of the Imperial Academy of Science in Vienna *Die Gedächtniss als allgemeine Funktion der organisirter Substanz* He learned German to read it in the original; and made this the occasion for a third book *Unconscious Memory* (1880), reissued in 1910

with an Introduction by me. This book contains a mass of controversial matter of a literary and personal nature, and a discussion of the relations of his views to those of Von Hartmann, with many passages translated from him. But its chief interest is the Hering Lecture and his own comments thereon. As we shall see, Butler took Memory in his *Life and Habit* as an ultimate fact, and dwelt rather on the *way* of its behaviour than on the actual *mechanism* underlying it, very much as Semon has done within the last decade. Hering, as a physiologist, suggested an *explanation* in terms of vibrations, which appears to have fascinated Butler; for in his notes he developes and extends it into a form which closely recalls Rignano's working out in his *Centro-epigenesis*.

His latest biological book was *Luck or Cunning,* « as the main means of Organic Modification. An Attempt to throw additional light upon Charles Darwin's theory of Natural Selection ». I quote from my Introduction to *Unconscious Memory:* the following characterisation of the book: « This is « mainly a book of strenuous polemic.... Not Luck but Cun« ning, not the uninspired weeding out by Natural Selection, « but the intelligent striving of the organism, is as the bottom « of the useful variety of organic life. And the parallel is « drawn that not the happy accident of time and place, but « the Machiavellian cunning of Charles Darwin succeeded in « imposing, as entirely his own, on the civilised world, an « uninspired and inadequate theory of evolution, wherein luck « played the leading part while the more inspired and inspiring « views of the older evolutionists had failed by the inferiority « of their luck. On the controversy I am bound to say that « I do not in the very least share Butlers views.... Butler « everywhere undervalues the important work of elimination « played by Natural Selection in its widest sense ».

The Conclusion of *Luck or Cunning* shows a strong advance in monistic views, and a yet more marked development in the vibration hypothesis of memory given by Hering and adopted in *Unconscious Memory,* associating it, as we shall see, with speculations on the origin of chemical differences in connection with the conceptions of Newlands and Mendeléjeff.

For completeness' sake I mention the Essay on the *Deadlock in Darwinism,* republished in his posthumous *Essays on Life, Art, and Science* (1904), and the frequent references to

such matters in the posthumous *Note-books of Samuel Butler* (1913), arranged and edited by H. Festing Jones.

Butlers method was entirely his own; and may be characterised as the tactful synthesis and criticism by a brilliant intellect of the facts gleaned through not too close a survey of somewhat a unfamiliar field. He bore ever in mind the danger of losing sight of the forest while microscopically investigating the trees; and was determined himself to run no risk of this kind. Errors of detail were for him less abhorrent than errors of perspective, or what the mathematician would call errors in the « order of magnitude ». Thus he writes, in the eloquent Coda of his *Concluding Remarks* in *Life and Habit,* the following passages: « I am aware that there are many expressions throughout this book which are not scientifically accurate.... I did not, however, think that in a work of this description the additional words that would have been required for scientific accuracy were worth the paper and ink and loss of breadth which their introduction would entail. Besides, I know nothing of science and it is as well that there should be no mistake on this head: I neither know, nor want to know, more detail that is necessary to enable me to give a fairly broad and comprehensive view of mi subject.

« Of course, if I were a specialist writing a treatise or primer on such and such a point of detail, I admit that scientific accuracy would be *de rigueur;* but I have been trying to paint a picture rather than to make a diagram, and I claim the painter's license *Quidlibet audendi.* I have donc my utmost to give the spirit of my subject, but if the letter interfered with the spirit, I have sacrificed it without remorse.

« May not what is commonly called a scientific subject have artistic value which it is a pity to neglect? But if a subject is to be treated artistically.... then the writer must not be denied a painter's licence of selection and omission.... All truth and no error cannot be given by the scientist more than by the artist; each has to sacrifice the truth in one way or another.... It is not, than, what a man has said, nor what he has put down with actual paint upon his canvas, which speaks to us with living language *it is what he has thought to us* by which our opinion should be guided; — what has he made us feel that he had it in him, and wished to do?...

« I feel sure that no additional amount of technical ac-

curacy would make me more likely to succeed, in this respect, if I have otherwise failed; and as this is the only success about which I greatly care, I have left my scientific inaccuracies uncorrected, even when aware of them. At the same time, I should say that I have taken all possible pains as regards anything which I thought could materially affect the argument one way or the other ».

Unfortunately this explanation, coming at the close of his work failed to reach adequately the minds of his biological readers, and his persiflage, resented by the Darwinians of his day, led them to underestimate *Life and Habit* as a valuable contribution to evolutionary theory. The similar views put forward in all seriousness by Hering, the official physiologist, and adopted by Haeckel in *Die Perigenese der Plastidule* (1875), had found admirers and exponents in England; but expounded later thus incisively by Butler, *The Man in the Street*, they were derided and rejected.

The teaching of *Life and Habit* has been summarised thus in *Unconscious Memory* in four main principles: 1. The one-ness of personality between parent and offspring; 2. Memory of on the part of the offspring of actions which it did when in the persons of its forefathers; 3. The latency of that memory until it is rekindled by a recurrence of the associated ideas; 4. The unconsciousness with which habitual actions come to be performed. To these we add 5. The purposive character of the actions of living beings, as of the machines which they make or select. In the *Notebooks* we find a different statement, with more practical detail: « To me it seems that my contributions to the theory of heredity have been mainly these:

1. The identification of heredity and memory *and the corollaries relating to sports, the reversion to remote ancestors, the phenomena of old age, the causes of the sterility of hybrids and the principles underlying longevity* — all of which follow as a matter of course.

2. The introduction of teleology into organic life, which to me seems hardly, if at all, less important than the Life and Habit theory. This was *Evolution, Old and New* (1879); but really, as above noted, teleology is implicit in *Life and Habit* ».

It will be seen, then that the book has, save for its frankly teleological and vitalistic standpoint, much the same

scope as Semon's *Mneme,* even to the corollaries above mentioned. It is then worth while to cite some passages to illustrate Butler's method and compared them with Semon's. Butler writes thus on old age and on crosses:

« After any animal has reached the period at which it ordinarily begins to continue its race, we should expect that it should show little further power of development, or, at any rate, that few great changes of structure or fresh features should appear; for we cannot suppose offspring to remember anything that happens to the parents subsequent to the parent's ceasing to contain the offspring within itself; from the avorage age, therefore, of reproduction, offspring would cease to have any further experience on which to fall back, and would thus continue to make the best use of what it already know, till, memory failing in one part or another, the organism would begin to decay. To this cause must be referred the phenomena of old age, which interesting problem I am unable to pursue within the limits of this volume ».

« We should expect to find that all species, whether of plants or of animals, are occasionally benefited by a cross; but we should also expect that a cross should have a tendency to introduce a disturbing element, if it be too wide, inasmuch as the offspring would be pulled hither and thither by two conflicting memories or advices, much as though a number of people speaking at once were without previous warning to advise an unhappy performer to vary his ordinary performance — one set of people telling him he had always hitherto done thus, and the other saying no less loudly that he did it thus; and he were suddenly to become convinced that they each spoke the truth. In such a case he will either completely break down, if the advice be too conflicting, or if it is less conflicting, he may yet be so exhausted by the one supreme effort of fusing these experienees that be will never be able to perform again; or if the conflict of experience be not great enough to produce such a permanent effect as this, it will yet.... probably damage his performances on the next several occasions, through his inability to fuse the experiences into a harmonious whole.

« And this is absolutely what we find in fact. Mr. Darwin writes concerning hybrids and first crosses: — " the male " element may reach the female element, but be incapable of

" causing an embryo to be developed, as seems to have been " the case whith some of Thuret's experiments on Fuci. No " explanation can be given of these facts, any more than why " certain trees cannot be grafted on others ". I submit that what I have written above supplies a very fair *prima facie* explanation ».

« Mr. Darwin continues: " Lastly an embryo may be de- " veloped, and then perish at an early period;.... of the ma- " jority of the fertilised eggs (crosses of Gallus), the embryos " had either been partially developed, and had then perished, " or had become nearly mature, but the young chickens had " been unable to break the shall;.... from the five hundred eggs " only twelve chickens were reared ". — No wonder the poor creatures died, distracted as they were by the internal tumult of conflicting memories. But they must have suffered greatly; and the Society for the Prevention of Cruelty to Animal may possible think it worth while to keep an eye even on the embryos of hybrids and first crosses » (pag. 175-176).

« The memory, — Butler continues —, of every impregnate ovum from which every ancestor of a mule, for example, has sprung, has reverted to a very long period of the time during which its forefathers have been creatures like that which it is itself now going to become: thus the impregnate ovum from which the mule's father was developed remembered nothing but horse memories;[1] but it felt its faith in these supported by the recollection of a vast number of previous generations, in which it was, to all intents and purposes, what it now is. In like manner the impregnate ovum from which the mule's mother was developed would be backed by the assurance that it had done what it is going to do now a hundred thousand times already. All thus would be plain sailing. A horse and a donkey would result. These two are brought together; an impregnate ovum is produced which finds an unusual conflict of memory between the two lines of its ancestors, nevertheless, being accustomed to *some* conflict, it manages to get over the difficulty, as on either side

[1] This is a good instance of Butler's professed recklessness of *immaterial* inaccuracy; the offspring of a stallion by a she-ass is strictly speaking a *hinny* or *jennet*, not a *mule;* but one thinks naturally of « horse » before ass, « father » before « mothet »; and « mule » is the common word and the common beast; and the distinction makes no difference to the argument.

it finds itself backed by a very long series of sufficiently steady memory. A mule results — a creature so distinctly different from either horse or donkey, that reproduction is baffled, owing to the creature's having nothing but its own knowledge of itself to fall bick unon, behind which there comes an immediate dislocation, or fault of memory, which is sufficient to bar identity, and hence reproduction by rendering too severe an appeal to memory necessary — for no creature can reproduce itself on the shallow foundation which reason can alone give. Ordinarily therefore, the hybrid, or the spermatozoon or ovum, which it may throw off (as the case may be), finds one single experience too small to give it the necessary faith, on the strength of which even to try to reproduce itself. In other cases the hybrid itself has failed to be developed; in others the hybrid, or first cross, is almost fertile; in others it is fertile, but produces depraved issue. The result will vary with the capacities of the creatures crossed, and the amount of conflict between their several experiences » (pag. 179-180).

« The above view would remove all difficulties out of the way of evolution, in so far as the sterility of hybrids is concerned. For it would thus appear that this sterility has nothing to do with any supposed immutable or fixed limits of species, but results simply from the same principle which prevents old friends, no matter how intimate in youth, from returning to their old intimacy after a lapse of years, during which they have been subjected to widely different influences, in as much as they will each have contracted new habits, and have got into new ways, which they do not like now to alter » (pag. 180).

We may very profitably compare the following extracts from *Die Mneme* (Ed. 2, 1907, pag. 329): « In this case (that of parthenogenetic organisms) the store of engrams only alters from generation and generation through the new engrams acquired in the several generations through new *stimuli*. But the multiplication of engrams is of quite another order when, from generation to generation, each individual arises from the combination of two parent individuals, and so, except in the case of close breeding, from a combination of two different series of generations. For in the pairing of two individuals in the unicellular state (conjugation of the Protista, the bisexual pairing of animals and plants) there is a complete

union of the store of inherited engrams of both gametes. Naturally this union does not consist in a fusion: we have already often noted that on the acquisition of new engrams in the same individual through original stimuli, there is never a fusion of similar engrams, but only an association of them, side by side with homophonous ecphory. Similarly in syngamy there is only an association of the similar engrams of the same category, and homophonous collateral ecphory of the newly conjoined mnemic stimuli, so far as that is possible, and alternatives have not taken place. That this statement is correct is to be read in the storehouse of information we possess on the action of bisexual union, hybridisation and grafting ».

« Just as these facts of observation are obvious, so it is hopeless on the other hand to attempt to construct a morphological conception of the union of the engram-materials of the two gametes. This is self-evident when we reflect so far we possess no conception of the process of stimulation and of the resulting engram, comparable with that possessed by the physicist of the material changes of the telephone wire during the transmission of speech or of those of iron when magnetised. So long as we have no sort of conception of the material changes of the organic substance during stimulation and those left behind in the engram, it seems to me nonsense to attempt a morphological representation of the union in syngamy of two different stores of engrams. Anyhow, I do not regard it as part of the task in hand ».

« On the basis of a large number of facts of observation we have founded the conception that the various inherited engrams are not distributed through the different parts of the organism as in a storehouse, but that they are all everywhere present in domains, which in their minimum extension we term « mnemic protomers »: and that the individually acquired engrams also have not exclusive but gradual localisation. Granting this conception we may thus express the union of the stores of engrams from the two gametes after pairing: each protomer of the zygote possesses the whole engram-store of either gamete. Whether this result is immediate or takes place soon after union, or again demands a still longer time for its accomplishment, is another question, which we may leave to be answered in the future ».

« It is now clear that through the approximation of the engram-stores of two series of generations in syngamy, both the number of engrams and the number of alternative dichotomies will be greater in the zygote than in either of the gametes, and, further, greater the more the engram-stores of the two series of respective generations of the gametes differ from one another. In close breeding the increase of engrams in this way will be very small, and it will rise with the increase of exogamy. In hybridisation, the union of organisms which belong to series of generations with markedly different engram-stores, the increase by pairing will reach the highest degree: and there must come a stage of difference between the engram-stores of the two series of antecedent generations which on syngamy determines such a plethora of strongly divergent alternative dichotomies that coordinated development of the zygote is no longer possible. This may manifest itself in the dying off of hybrids between very different forms during the course of their development; or again, even if the individual product is viable, it does not attain that full height of development which is certified by the production of viable germs (Sterility of hybrids) ».

Surely this is Butler: « Nur mit ein Bischen andern Wörter ». It must not be supposed for one moment that I am contesting the originality of Semon's brilliant analysis, to which moreover I attach the highest value; but the confluence of his thought with Butler's is at this point absolute, and the same holds good for a great part of *Die Mneme.*

Before we leave *Life and Habit* we must note, as Bateson has remarked,[1] that it contains a very explicit formulation, in a sense, of the doctrine of the continuity of the germ-plasm: « Each ovum when impregnate should be considered not as descended from its ancestors, but as being a continuation of the personality of every (sc. impregnate) ovum in the chain of its ancestry, which every ovum *actually is* quite as truly as the octogenarian *is* the same identity with the ovum from which he has developed. This process cannot stop short of the primordial cell, which again will probably turn out to be but a brief resting-place. We therefore prove each one of us

[1] *Heredity and Variation in Modern Lights*, in *Darwin and Modern Science*, edited by A. C. Seward, 1909.

to *be actually* the primordial cell which never died nor dies, but has differentiated itself in the life of the world, all living beings whatever being one with it, and members one of another ».

The translation of Hering's lecture forms the nucleus around which Butler's third book on evolution is built up. We can best illustrate this by quoting from the fourth chapter (« Introduction to Professor Hering's lecture ») of this book, *Unconscious Memory* (1880).[1]

« Professor Hering and I, to use a metaphor of his own, are as men who have observed the action of living beings upon the stage of the world, he from the point of view at once of a spectator and of one who has free access to much of what goes on behind the scenes, I from that of a spectator only, with none but the vaguest notion of the actual manner in which the stage machinery is worked. If two men so placed, after years of reflection, arrive independently of one another at an identical conclusion as regards the manner in which this machinery must have been invented and perfected, it is natural that each should take a deep interest in the arguments of the other, and be anxious to put them forward with the utmost possible preference ».

« Concerning the identity of the main idea put forward in *Life and Habit* with that of Professor Hering's lecture, there can hardly, I think, be two opinions. We both of us maintain that we grow our limbs as we do, and possess the instincts we possess, because we remember having grown our limbs in this way, and having had these instincts in past generations when we were in the persons of our forefathers — each individual life adding a small (but so small, in any one lifetime, as to be hardly appreciable) amount of new experience to the general store of memory, that we have thus got into certain habits which we can now rarely break; and that we do much of what we do unconsciously on the same principle as that (whatever it is) on which we do all other habitual actions, with the greater ease and unconsciousness the more often we repeat them ».

« Nevertheless, we have each of us left undealt with some

[1] Reprinted with Note by R. A. Streatfeild, Introduction by Marcus Hartog, 1910.

points which the other has dealt with, Professor Hering, for example, goes into the question of what memory is, and this I did not venture to do. I confined myself to saying that whatever memory was, heredity was also. Professor Hering adds that memory is due to vibrations of the molecules of the nerve fibres, which under certain circumstances recur, and bring about a corresponding recurrence of visible action ».

« He implies, though in the short space at his command he has hardly said so in express terms, that personal identity as we commonly think of it — that is to say, as confined to the single life of the individual — consists in the uninterruptedness of a sufficient number of vibrations, which have been communicated from molecule to molecule of the nerve fibres, and which go on communicating each one of them its own peculiar characteristic to elements which we introduce into the body by way of nutrition ».

« If this should be so — but I should warn the reader that Professor Hering is not responsible for this suggestion, though it seems to follow so naturally from what he has said that I imagine he intended the inference to be drawn — if this is so, assimilation is nothing else than the communication of its own rhythms from the assimilating to the assimilated substance, to the effacement of the vibrations or rhythms heretofore existing in this last; and suitability for food will depend upon whether the rhythms of the substance eaten are such as to flow harmoniously into and chime in with those of the body which has eaten it, or whether they will refuse to act in concert with the new rhythms with which they have become associated, and will persist obstinately in pursuing their own course. In this case they will either be turned out of the body at once, or will disconcert its arrangements, with perhaps fatal consequences. This comes round to the conclusion I arrived at in *Life and Habit,* that assimilation was nothing but the imbuing of one thing with the memories of another ».

« It should be remembered, — Butler continues —, that the question whether memory is due to the persistence within the body of certain vibrations, which have been already set up within the bodies of its ancestors, is true or no, will not affect the position took up in *Life and Habit.* I am not committed to the vibration theory of memory, though inclined to

accept it on *a prima facie* view. All I am committed to is, that if memory is due to persistence of vibrations, so is heredity; and if memory is not so due, then no more is heredity ». In foot-notes to the translation of the Lecture, which occupies the next chapter, despite these disclaimers of the vibration hypothesis of memory, Butler attempts constantly to elucidate and to extend it. In his final book on the matter, *Luck or Cunning* (1887) he goes much further:

« Different modes of motion have long been known to be the causes of our colour perceptions, or at any rate as associated therewith, and of late years, more especially since the promulgation of Newland's (sometimes called Mendeléjeff's) law, it has been perceived that what we call the kinds or properties of matter are not less conditioned by motion than colour is.... Opinion has been for some time tending towards the belief that what we call the different states, or kinds, of matter are only our ways of mentally characterising and docketing our estimates of the different kinds of motion going on in this substratum ».

« Our conception, then, concerning the nature of any matter depends solely upon its kind and degree of unrest, that is to say on the characteristics of the vibrations that are going on in it. The exterior object vibrating in a certain way imparts some of its vibrations to our brain; but if the state of the thing itself depends upon its vibrations, it [sc. the object] must be considered as to all intents and purposes the vibrations themselves, plus, of course, the underlying substance that is vibrating. In communicating its vibrations, therefore, to our brain, a substance does actually communicate what is, as far as we are concerned, a portion of itself. Our perception of a thing and its attendant feeling are symbols attaching to the introduction within our brain of the thing itself. Our recollection of it is occasioned by a feeble continuance of this feeble state in our brains, becoming less feeble through the accession of fresh but similar vibrations from without ».

« If this view is adopted, our memory of a thing is our retention within the brain of a small leaven of the actual thing itself, or of what is the thing that is remembered, and the ease with which habitual actions come to be performed is due to the power of the vibrations having been increased and modified by continual accession from without till they mo-

dify the molecular disturbance of the nervous system, and therefore its material substance. The same vibrations, therefore, form the substance remembered, introduce an infinitesimal dose of it within the brain, modify the substance remembering, and, in the course of time, create and further modify the mechanism of both the sensory and motor nerves. Thought and thing are one » (*Luck or Cunning ?*, p. 309).

Into such poetic identifications we need not enter; but it will be seen how very closely the idea of response to stimulation by vibrations identical in kind with those previously received approaches Rignano's theory of memory as a « specific accumulation ». Of the centre of epigenetic formation, there is however no hint in Butler.

A study of his biological writings, interesting as revealing a master of literary craft, will show then how this *Man in the Street* popularised the teaching of Hering before its existence was known to him, anticipated Semon in his detailed comparison of memory with heredity, and from a small suggestion of Hering's planned out a physical explanation of memory in terms of vibrations, which was destined after his death to be more fully elaborated by Rignano, whose fascinating book upon *The Inheritance Acquired Characters* (Engl. Ed., 1911) is so well known to the biological readers of « Scientia » that we may be content with this reference.[1]

But Butler's chief merit is not the formulation of theories and explanations of scientific facts: it is the embodied lesson that the *Outsider* has a right of audience in the courts of Science; and that we shall do well now and then to turn away our attention from the laboratory and the library of the scientific writings of experts, to listen to the message of the enlightened layman. As a young biologist remarked on reading for the first time *Life and Habit* « the book was to me a trans-

[1] Butler also anticipated the modern view of mutations in an essay in the « Examiner » (1879), reprinted in the posthumous book, *God the Known, and God the Unknown*. « Under these circumstances the organism must act in one or other of these two ways: it must either change slowlyand continuously with the surroundings.... meeting the smallest change with a corresponding modification, or it must put off change as long as possible, and then make larger and more sweeping changes.... It may be questioned whether what is called a sport (=mutation) is not the organic expression of discontent which has long been felt, but which has not been attended to, nor been met step by step by as much small remedial modification as was found practicable: so that when a change does come it comes by way of revolution » (p. 14, 15).

formation and an inspiration ». As I have written elsewhere (*Problems of Life and Reproduction,* 1913, p. 282): « Learned writings can never produce such an effect: they do not penetrate to the heart of man: they cannot carry conviction to the intellect already filled with rival theories, and with the unreasoned faith that tomorrow or next day some new discovery will obliterate all distinction between Man and his makings. The mind must needs be open for the reception of truth, for the rejection of prejudice; and the violence of a Samuel Butler may in the future as in the past be needed to shatter the coat of mail forged by a too exclusively professional training ».

Cork, University College.

MARCUS HARTOG

L'ESPRIT ET LES PROGRÈS DE LA RÉVOLUTION FRANÇAISE

(1789-1792)

PREMIÈRE PARTIE.

Les Origines de la Révolution.

En 1789, la Révolution éclate comme un coup de foudre: tel est alors le sentiment universel. Il semble que les Français soient devenus soudain un autre peuple. Pourtant la Révolution a été longuement préparée.

Dès le milieu du siècle des esprits clairvoyants la pressentent: le marquis d'Argenson, en 1752, prononce le mot de « révolution »; Voltaire la promet aux jeunes gens, qui, plus heureux que lui, « verront de belles choses »; hâtivement et fébrilement Turgot s'efforce de l'éviter; et, en 1788, Mirabeau, presque seul, la mesure d'un regard de génie et prévoit déjà ce qu'elle sera.

Elle naquit lentement des vices du régime social et politique que Richelieu et surtout Louis XIV avaient établi, et que maintinrent, en l'aggravant presque toujours, Louis XV et Louis XVI. Fondé sur les privilèges des personnes et des propriétés, sur l'arbitraire, sur la confusion incohérente des institutions de plusieurs âges, ce régime, dont les origines se perdaient dans la féodalité, était, il est vrai, commun à tous les États de l'Europe continentale. Mais, dans les autres pays, les sujets étaient moins instruits et plus dociles; même quand leur esprit était libre, leur volonté était serve: les plus grands philosophes, comme Kant, séparaient nettement l'action et la pensée, et prêchaient l'obéissance aux institutions établies.

En France, et en France seulement, une révolution pouvait éclater. Le despotisme y était moins fort, parce que les mœurs, corrigeant les lois, étaient plus douces et plus polies, et que l'État commandait de plus haut et de plus loin. L'arbitraire du Gouvernement y était presque la règle; mais cela même rendait les lois moins efficaces, et la désobéissanee plus fréquente. Le régime seigneurial, malgré tous ses vices, était moins lourd et moins vexatoire qu'ailleurs. La richesse était plus grande et mieux répartie; la librairie et la presse, plus libres et plus actives; les lumières, plus répandues; l'esprit critique et l'ironie, dons naturels des Français, plus aiguisés; l'opinion publique, plus puissante; et ainsi tous les abus y étaient plus détestés. L'Ancien régime et la haine qu'il inspirait, l'excès des maux chaque jour plus vivement sentis et la vision claire d'un affranchissement possible finirent par pousser la nation entière à la révolte. « La liberté, — écrira le Constituant Malouet —, voilà toute la magie de la Révolution ».

Pourquoi ce régime, si vivement attaqué dès la fin du règne despotique de Louis XIV, par Vauban et Fénelon, par Jurieu et l'auteur des *Soupirs de la France esclave,* ne fut-il abattu qu'en 1789? C'est que les Français, qui, malgré leur mobilité d'esprit et leur amour des nouveautés, sont doués d'un grand fonds de patience, étaient devenus plus dociles sous Louis XIV, et s'étaient laissé emprisonner dans les liens étroits d'une vaste administration bureaucratique qui réglementait, contrôlait, pesait, surveillait tout. La Nation supportait ces maux, non sans gémir; mais une longue préparation de ses forces était nécessaire pour qu'elle pût secouer un joug si lourd. Elle y parvint à la faveur d'une profonde révolution morale.

L'éclosion d'un esprit national et réformateur fut l'œuvre de tout le XVIIIème siècle. Les événements la favorisèrent autant que les doctrines: les désastres de la guerre de Sept ans et la perte de l'empire colonial; la diminution du prestige de la Royauté, de l'Église, de la Noblesse et de la magistrature; les conflits incessants des corps aristocratiques et des Parlements avec le Roi, qui affaiblirent le régime et répandirent l'esprit de révolte dans l'élite et dans les classes moyennes; enfin l'enrichissement de la bourgeoisie, qui prit sous sa dépendance les grands et l'État lui-même, et acquit plus de puissance, de confiance en soi et de hardiesse.

En même temps, la philosophie, née des besoins qui travaillaient la société, contribuait à former l'esprit public. Assurément les philosophes, Montesquieu, Voltaire, Rousseau, Diderot, Condorcet, ne prêchent pas une subversion totale, et recommandent des réformes graduelles, adaptées au pays et à l'époque; toutefois, peu à peu, et sans le vouloir expressément, ils minent la tradition monarchique et religieuse. A la place du Dieu vivant du Christianisme ils proclament un Être suprême, Créateur de l'Univers, qui se confond souvent avec la Nature, maîtresse souveraine du siècle; au lieu de la Révélation, la Raison; au lieu du péché originel et de la déchéance, la bonté naturelle et la liberté de l'homme, et le progrès indéfini. Ils fondent la société non sur la dépendance et l'obéissance aveugle, mais sur le consentement de tous à la vie commune et à des lois. La société a pour but l'utilité de tous et le bonheur de chacun: par suite, ils réclament une constitution nouvelle de l'État, l'établissement et la garantie des droits de l'individu, l'uniformité des lois, une union politique et morale plus forte; et, directement ou indirectement, ils proposent les Constitutions de l'Angleterre, de Genève, des États-Unis et même des Républiques antiques à l'admiration et à l'imitation des Français.

La science du siècle, qui explique toutes choses par des causes naturelles, tend, elle aussi, à ruiner le crédit des livres sacrés, des mystères et des miracles, et vient fortifier l'autorité de la Nature et de la Raison. Elle substitue l'idée d'une genèse mécanique, lente et continue, à la doctrine de la création instantanée et des brusques révolutions. Elle détruit à jamais l'antique système qui plaçait l'homme au centre du monde, et recule à l'infini les limites de l'Univers. Newton, vulgarisé par Voltaire, et suivi par toute la science de l'époque; Buffon et Lavoisier, créateurs de sciences nouvelles, développent et prouvent la conception mécaniste et évolutionniste des choses et répandent jusque dans la bourgeoisie moyenne la croyance en des lois nécessaires, indépendantes de toute intervention surnaturelle.

En même temps les esprits s'ouvrent aux influences de l'Antiquité et des autres pays; aucune des manifestations de la vie politique et intellectuelle du monde ne leur reste étrangère, à une époque où les relations internationales sont de plus en plus fréquentes et étroites. Il existait bien en France

des « lois fondamentales du royaume »; mais elles n'étaient point fixées, et l'on disputait sur leur sens et leur valeur. La France voulait, cherchait une Constitution. Les pays qui avaient été ou se trouvaient alors régis par des Constitutions lui apparaissaient comme des exemples ou des modèles à suivre.

L'Antiquité, étudiée longuement dans les collèges, explorée plus avant que jamais par les historiens, les archéologues et les philosophes, montrait aux Français des Constitutions qui faisaient résider la souveraineté dans le peuple, appelé à voter les lois et à élire les magistrats. L'éducation, fondée tout entière sur les « humanités » et nourrie de la lecture de Plutarque, tendait à faire des républicains, au milieu d'une monarchie absolue.

L'Angleterre était admirée, surtout depuis les *Lettres philosophiques* de Voltaire, et l'*Esprit des Lois,* de Montesquieu, et, malgré la puissance de l'aristocratie, sa Constitution était parfois présentée comme un modèle qui conciliait merveilleusement la monarchie et la liberté. L'*Essai sur le gouvernement civil,* de Locke, traduit en français, continuait d'exercer une grande influence sur tous les esprits qui rêvaient de limiter la monarchie par un Parlement. Genève, la Hollande, la Suède même avaient ou avaient eu des Constitutions républicaines ou monarchiques; beaucoup d'écrivains, comme Rousseau et l'abbé Mably, les admiraient et les commentaient dans des ouvrages où la libre volonté était présentée comme le fondement de toutes les relations entre les hommes. Enfin l'exemple des États-Unis constitués en une république fédérative suffisait à établir que le régime républicain n'était pas exclusivement réservé à des États de faible étendue. Plusieurs de ces États, qui presque tous possédaient leurs deux Chambres et leur pouvoir exécutif, avaient fait précéder leur Constitution d'une *Déclaration des droits,* où étaient proclamés les droits de l'individu, la souveraineté de la nation et même, contrairement à l'Angleterre, la tolérance religieuse; le caractère général et profondément humain de ces *Déclarations* les rapprochait étroitement de l'idéal français. Les officiers qui avaient combattu pour les États-Unis, les La Fayette, les Rochambeau et tant d'autres, les voyageurs et les publicistes qui y avaient résidé, comme Brissot et le marquis de Chastellux; les philosophes et les grands seigneurs qui en traduisaient les Constitutions, comme Condorcet et le duc de

Rochefoucauld, excitèrent l'admiration des Français pour la nouvelle nation dont ils ne cessaient de vanter les institutions, l'esprit public, le commerce et les immenses ressources d'avenir. L'influence américaine prit, à la fin, la prépondérance. Au moment où, malgré les efforts d'une petite minorité « radicale », l'Angleterre devenait de plus en plus monarchique et aristocratique et s'attachait à augmenter la prérogative royale, l'Amérique, démocratique et républicaine, terre des droits de l'homme, fut l'idéal des philosophes et des jeunes nobles de l'armée.

Toutes ces doctrines, françaises, antiques et étrangères, secondées par les événements, se fondaient en un même ensemble, et ainsi se formait lentement un fonds commun d'idées et de sentiments auxquels participaient les esprits éclairés de l'Europe entière. Ces idées et ces sentiments se propagèrent, durant tout le siècle, non seulement dans la bourgeoisie, mais aussi dans la Noblesse et le Clergé. Ils prirent une force extraordinaire après 1780. Des sociétés et des clubs se créèrent, à l'imitation des États-Unis et de l'Angleterre, surtout à partir de 1784; fermés par le ministre Breteuil, parce que, disait-il, « les Français devenaient Anglais dans ces sortes de conventicules et s'y communiquaient la licence des principes républicains », ils se rouvrirent au mois de novembre 1788, et exercèrent une action profonde sur la Nation, en vue des élections et du programme des États Généraux qui étaient promis pour le mois de mai 1789. Ils étaient nombreux à Paris: la *Société des Trente*, d'Adrien du Port, conseiller au Parlement; le *Salon des Arts*; le *Club de Valois*; la *Société des Amis des Noirs*, etc., enfin plusieurs loges maçonniques, telles que la célèbre *Loge des Neuf Sœurs*, rue Dauphine, et les cafés, comme le café de Foy et celui du Caveau, où les membres du *parti national*, ecclésiastiques, nobles, magistrats, financiers, philosophes, savants et avocats, qui voulaient faire de la France une nation, venaient en commun préparer la Révolution. Les provinces n'avaient pas attendu l'exemple de Paris. Outre les loges maçonniques, beaucoup de sociétés philanthropiques s'y étaient fondées — la première à Strasbourg, en 1776 — qui réunissaient dans les préceptes et la pratique de la fraternité et de la tolérance beaucoup de prêtres, de nobles, d'officiers et de bourgeois influents; c'étaient encore des « chambres » et des cabinets de lecture, particulièrement nombreux en Bretagne,

en Alsace et en Dauphiné, où l'on lisait les journaux et les livres nouveaux et où l'on discutait; enfin, dans plusieurs villes, comme Metz, Dijon, Arras, Toulouse, etc., des Académies, par leurs concours sur la philosophie, la législation et l'économie sociale, contribuaient efficacement à l'émancipation des esprits.

De tous ces centres de pensée et d'action sortaient des brochures courtes et incisives — la menue monnaie de la philosophie — qui se répandaient plus vite et portaient plus loin que les grands ouvrages. En même temps les journaux, le « Mercure de France », le « Courrier de l'Europe », les « Annales politiques et littéraires », le « Journal général de France », le « Journal de Paris », — le premier journal quotidien, fondé en 1777 — créés à l'imitation des feuilles anglaises et des feuilles hollandaises, comme la « Gazette de Leyde », timides et prudents au début, plus hardis à la fin de 1788, propageaient sans se lasser les idées de liberté et d'égalité des droits.[1]

Cependant les idées nouvelles auraient été impuissantes à transformer le régime social et politique de la France, si les circonstances, qui en avaient déjà favorisé l'éclosion et la diffusion, ne leur avaient fourni des occasions favorables pour pénétrer plus avant dans la masse de la nation et la pousser à l'action. Une crise agricole et industrielle, qui sévit surtout en 1788 et en 1789, accrut considérablement le nombre des ouvriers sans travail, et, en déterminant la hausse du prix du pain dans les villes et les campagnes, porta la misère à un point inouï. A cette crise économique vint s'ajouter la crise financière, le déficit permanent, la lourde charge de la dette publique, accrue par la guerre d'Amérique. Enfin la crise politique, surtout la révolte des Parlements et leur audace poussée plus loin que jamais, fit trembler sur ses bases tout l'édifice monarchique. De son côté, la réaction aristocratique et seigneuriale, qui avait commencé une vingtaine d'années auparavant, s'accentuait encore, transformait de plus en plus la monarchie « absolue » en un régime où les privilèges sociaux et la prépondérance politique des aristocrates tendaient à prendre la première place, et faisait germer dans les villes et surtout dans les campagnes la révolte et l'insurrection. Partout

[1] Voir notre article sur *Les origines de la Révolution* (« Revue d'Histoire moderne », 1910).

c'était un malaise physique et moral, un mécontentement que le progrès des lumières et la propagande philosophique rendaient plus conscient et plus douloureux.

Ce malaise s'exprima dans les *Cahiers* que rédigèrent les trois « ordres », en vue des États Généraux. Toute la France se mit en mouvement. La vie politique devint intense, non seulement à Paris, d'où partait la propagande, mais aussi dans les provinces, où les villes se fédéraient, où les clubs et les sociétés agissaient de concert, et surtout dans les « pays d'États », éloignés de Versailles, pourvus d'un embryon d'institutions représentatives et habitués à plus d'indépendance, comme la Bretagne, la Bourgogne et le Dauphiné.

L'Ancien régime ne pouvait plus durer: il était partout miné et menaçait ruine. Mais il avait des fondations trop profondes pour s'écrouler d'une pièce sans de grands déchirements; les intérêts et les passions étaient trop forts; la monarchie, malgré ses velléités et ses essais de réformes sous Turgot et Necker, restait trop attachée à la tradition et aux privilèges, trop hésitante, trop incapable d'un grand dessein. En 1789, la Révolution était fatale: tout y convergeait comme vers un but assigné d'avance.

***

Un profond esprit réformateur animait la Nation entière. Il était apporté à l'assemblée des États Généraux par la majorité des députés. C'était un esprit modéré, qui ne se laissait pas entraîner par des idées abstraites et qui s'attachait à conserver les bases de l'État et de la société: la monarchie, le Roi, dont la personne était presque adorée, étant pour tous la personnification de la France; la religion catholique, intimement associée à la monarchie, vénérée par la masse de la Nation, malgré les abus et les vices de l'Église; la famille, dont les liens étaient très forts et même parfois trop serrés; enfin, avec des réserves, il est vrai, sur les possessions seigneuriales, la propriété individuelle; en un mot, les institutions fondamentales que les siècles et les instincts de la race avaient édifiées et maintenues, et dont on désirait seulement l'adaptation à des besoins et des mœurs, à des idées et des sentiments nouveaux.

La Nation voulait remettre le pouvoir constituant aux États

Généraux, demandait une Constitution, sur le modèle des Constitutions de l'Angleterre et des États-Unis, l'abolition du despotisme et des privilèges, la liberté et l'égalité des droits, enfin réclamait pour elle le pouvoir législatif, qui lui donnerait la faculté de faire des lois de détail, conformes à l'esprit général de la Constitution. Faute de Constitution, l'Assemblée refuserait au Roi l'impôt et entraverait ainsi la marche des services publics. C'était faire de la Nation la source vivante de la loi, transférer la souveraineté — qui réside surtout dans l'œuvre législative — du Roi à la Nation, représentée par des députés élus. C'était, par la suppression des privilèges, condamner l'Ancien régime dans ce qu'il avait de plus essentiel, dans ses fondements sociaux, supérieurs aux formes politiques. C'était confondre tous les *citoyens* dans la Nation française, assurer la prédominance de l'esprit national sur l'esprit de caste et de province, préparer l'unité législative et l'unité morale de la France, et accroître singulièrement la force et la grandeur du pays.

Sans doute, les diverses classes de la Nation émettent sur plusieurs questions des opinions divergentes; mais les doléances les plus vives et les demandes essentielles sont partout les mêmes.[1] La volonté de la Nation s'exprime avec une clarté lumineuse et une frappante unanimité; et — s'il est vrai que la loi n'est que « l'expression de la volonté générale » — il semble que la loi soit écrite d'avance. Les Cahiers de la bourgeoisie des grandes villes sont remarquables: s'ils ne déterminent pas tout, parce qu'il serait téméraire et peut-être dangereux de tout fixer d'emblée, ils tracent cependant avec un rare bonheur d'expression les grands traits de l'organisation future de l'État et de la société. Le Tiers de la ville de Paris, après avoir présenté une « Déclaration des Droits », établit le partage des pouvoirs entre le Roi et la Nation — à la Nation « la puissance législative, conjointement avec le Roi; au Roi seul la puissance exécutrice » —; détermine l'organisation administrative, formée d'Assemblées provinciales et municipales élues, pourvues de fonctions très étendues; fonde l'organisation financière sur l'égalité de tous les citoyens devant l'impôt et sur la consolidation de la dette

[1] Voir dans notre chap. du tome IX de l'*Histoire de France*, dirigée par E. Lavisse, les vœux des trois ordres en 1789.

publique; réclame l'abolition du régime seigneurial, moyennant rachat; « la tolérance civile », avec une « religion dominante », ramenée à la pureté de ses maximes primitives, vraiment gallicane et affranchie du pouvoir de Rome; l'uniformité des lois, un Code civil, la refonte générale de la procédure civile et criminelle, l'institution du jury, la réforme de la justice, rendue indépendante « de tout acte du pouvoir exécutif »; enfin l'abolition des offices héréditaires, la suppression de la vénalité des charges et des grades militaires, et l'admission de tous les citoyens aux fonctions publiques. C'est tout un programme de réformes sociales et économiques, politiques, administratives et ecclésiastiques. A Rennes, à Nantes, à Lyon, dans toutes les villes, ce sont les mêmes vœux qu'exprime l'élite de la bourgeoisie. Et, sous l'influence de la bourgeoisie et du bas clergé démocrate, les campagnes suivent les villes. Ainsi la volonté nationale n'a rien d'obscur; elle a toute la netteté que lui donnent le mouvement intellectuel et politique du siècle et les exemples ou les modèles de l'étranger. Sans entrer dans les voies et moyens, qu'elle a la sagesse de ne point indiquer encore, elle fixe hardiment le but à atteindre, et, prévoyant déjà les résistances et sentant sa force, elle menace l'État de lui refuser toute aide pécuniaire, s'il ne consent pas à se transformer à son gré.

Ce plan de réformes s'imposait. Pour que la Révolution se fît pacifiquement, il aurait fallu que le Roi et les privilégiés consentissent dès le début à l'accepter, ou du moins à ne pas s'y montrer hostiles. Or, c'est précisément ce qu'ils refusèrent.[1] Ils ne soupçonnaient pas toute la puissance du mouvement réformateur, auquel cependant ils avaient dû faire quelques concessions et accorder la réunion des États Généraux. Ils se croyaient forts; en réalité, ils étaient très faibles.

D'abord, ils trouvaient devant eux le Tiers État — bourgeois, paysans, ouvriers — tout entier unanime, malgré les tentatives, dispersées, d'ailleurs, qu'ils avaient faites de semer dans ses rangs la division et de soulever le prolétariat contre la bourgeoisie. Ils rencontraient aussi des adversaires parmi leurs frères et collègues de la Noblesse et du Clergé. S'ils comptaient encore au nombre de leurs partisans la plupart des

[1] Pour les faits de détail, on verra le chap. Ier de notre *Histoire de la Révolution française* (1789-1792), que publiera la librairie Hachette.

membres du haut Clergé, évêques et abbés richement rentés, ils avaient contre eux la masse influente et éclairée des curés, roturiers et démocrates, qui, hostiles aux évêques et aux ordres religieux et à tous les privilèges, réclamaient la nationalisation des biens ecclésiastiques et les mêmes réformes politiques et sociales que le Tiers État.

Une grande partie de la Noblesse était passée aussi au Tiers État. Cette scission était depuis longtemps préparée: beaucoup de nobles, en effet, étaient imprégnés de l'esprit de liberté et d'égalité, surtout depuis la guerre de l'Indépendance américaine; membres de l'Ordre de Cincinnatus, créé, après la campagne, pour maintenir les principes de la Révolution américaine, membres aussi des loges maçonniques et partisans de la tolérance religieuse, ils étaient encore entrés, on l'a vu, dans ces nombreuses sociétés et clubs, chambres de lecture et cabinets littéraires, qui, à Paris et dans toutes les villes importantes du royaume, se multiplièrent après 1780 et préparèrent la Révolution. A l'Assemblée des Notables, de 1788, puis dans les Cahiers de la Noblesse, à la rédaction desquels ils participèrent, enfin dans les États provinciaux et les Assemblées provinciales, en Franche-Comté, en Bourgogne, en Mâconnais, en Dauphiné surtout, ils avaient demandé, avant même l'ouverture des États Généraux, l'égalité fiscale, et renoncé à celui de tous leurs privilèges qui était le plus odieux à la Nation. Ils étaient prêts, en cas de besoin, à concéder davantage encore et à abandonner même leurs droits seigneuriaux, moyennant rachat. Parmi eux, au premier rang le duc d'Aiguillon, un des plus riches seigneurs de France; le marquis de La Fayette, le vicomte de Noailles, le marquis de Ségur, le maréchal de Rochambeau, le duc de La Rochefoucauld et son cousin le duc de Liancourt, et tant d'autres noms célèbres de l'aristocratie et de l'armée; puis des Parlementaires, comme Adrien Du Port, Dionis du Séjour, Lepeletier de Saint-Fargeau; enfin une foule de gentilshommes, officiers en activité ou en retraite, chevaliers de Saint-Louis, qui, aux États Généraux et bientôt dans les nouvelles municipalités, allaient faire cause commune avec le Tiers État.

Ainsi les classes sociales, les antiques « ordres » du royaume étaient complètement dissociés. Les barrières entre les classes, élevées par les privilèges et les préséances, par les habitudes et les préjugés, étaient en grande partie abattues par

une minorité imposante de privilégiés généreux, imbus de l'esprit nouveau. Ce n'étaient plus seulement les intérêts et les différences de fortune et de condition qui séparaient les Français; c'étaient aussi les idées et les opinions. De nouveaux groupements, fondés sur les doctrines, se formaient et se substituaient aux anciens. L'individu se dégageait de son « ordre », de sa caste, allait où le portait sa conception de la société et de la vie, recouvrait toute son indépendance, prenait enfin sa valeur, sa dignité. C'était un vigoureux et noble effort d'affranchissement. Comme au temps de la Renaissance sur le sol de l'Italie, en 1789, sur le sol fécond de France croissait une belle « plante humaine », avide de vivre d'elle-même, libre et fière, capable des plus hautes pensées et des actions les plus héroïques.

La faiblesse des privilégiés tenait encore à leur esprit et à leur politique. Au programme de la Nation, tout positif et dirigé vers l'action, ils n'avaient à opposer qu'un plan négatif; ils voulaient réduire à rien les États Généraux, les empêcher même de se constituer et de vivre, entraver toutes les réformes. Le Roi et le Gouvernement, qui auraient pu se faire les arbitres des partis, restaient hésitants et inactifs; travaillés par des influences diverses, divisés d'opinion, ils n'avaient et ne pouvaient avoir une volonté claire et ferme. La pensée de la Nation était nette; celle du Pouvoir restait confuse; celle des privilégiés demeurait intransigeante, mais ne tendait qu'à tout empêcher, sans en avoir les moyens.

La force de résistance des privilégiés s'était évanouie. Les Nobles ne formaient pas un corps. Aucun lien solide entre eux. Ils n'étaient pas un « ordre » uni et consistant, mais plusieurs classes, séparées par les intérêts, les places et les préséances; ils n'avaient point d'assemblée représentative générale, comme le Clergé; dans certains pays seulement, tels que la Bretagne, ils pouvaient élever la voix à l'assemblée des États, et, par leur nombre, faire la loi. Le Clergé formait bien un corps, mais seulement en apparence; il s'était dissocié de plus en plus au cours du siècle. Le Roi, dont l'autorité avait été peu à peu minée par les Parlements et les privilégiés eux-mêmes, ne commandait plus en souverain absolu par ses intendants et ses chefs militaires; ses représentants, diminués et parfois humiliés par les Parlementaires et les nobles, par les États provinciaux et les Assemblées provinciales, avaient

perdu tout leur prestige; plusieurs même, comme l'intendant de Bretagne, Bertrand de Moleville, écœurés, avaient quitté leur poste.

Enfin l'armée n'était plus un instrument sûr et fidèle entre les mains du Roi. Morcelée en petits détachements de 700, 500, 100, 50 et même 25 hommes, dispersée à travers tout le royaume, jusque dans les petites villes et les bourgs, pour maintenir la tranquillité publique et assurer l'approvisionnement des marchés, elle était incapable d'agir en masse et rapidement. En outre, elle était moralement transformée. Les officiers, presque tous nobles, avaient, dans la crise récente, refusé de marcher contre les Parlementaires, nobles, eux aussi, révoltés à Rennes, à Grenoble et à Metz. Ils ne maintenaient qu'avec répugnance l'ordre public dans les endroits où ils étaient envoyés, et se refusaient à verser le sang du peuple. Ils sacrifiaient délibérement le service du Roi à leurs idées d'honneur, à leurs intérêts de caste et aussi à leurs sentiments d'humanité, développés par la philosophie. Beaucoup d'officiers étaient mécontents des réformes continuelles et souvent contradictoires qui, depuis dix ans, depuis le comte de Saint-Germain et le maréchal de Ségur, avaient bouleversé l'armée. Ceux qui faisaient naguère partie de la Maison du Roi et avaient été remerciés de leurs services, par suite d'une diminution et d'une extinction graduelle des offices de la « Maison », s'étaient retirés dans leurs provinces, la rage au cœur. Les soldats étaient exaspérés par la nouvelle discipline prussienne et les coups de plat de sabre, prescrits par le Conseil de la Guerre, et qui ne convenaient qu'à des automates, non à des Français. Aussi l'indiscipline gagnait-elle les rangs: comme les jeunes officiers, les soldats discutaient les ordres, s'occupaient des affaires publiques, étaient prêts à la désertion ou à la révolte. Le Gouvernement n'ignorait point cette transformation de l'armée. Avant les États Généraux, répondant d'avance à ceux des privilégiés qui préconisaient une répression militaire générale, Necker avertissait le Roi: « Sire, disait-il, je crains qu'on ne vous trompe sur les dispositions de votre armée. La correspondance des provinces nous fait croire qu'elle ne marchera pas contre les États Généraux; ne la faites donc pas approcher de Versailles ». Le sentiment national pénétrait déjà dans l'armée royale. Sous l'influence de l'esprit nouveau et sous la pression des circonstances, l'armée commençait

à se dissoudre, comme les classes sociales et les « ordres », et à passer insensiblement du côté de la Nation.

Ainsi, d'un côté, une faiblesse, encore peu apparente, mais réelle; les dehors somptueux et imposants d'un édifice brillant de l'éclat des siècles, mais miné par la base; de l'autre, la force irrésistible de presque toute une Nation qui souffre depuis longtemps, et qui, consciente de ses droits, est résolue à secouer le joug et à abattre un régime intolérable. En face d'une volonté indécise, énervée, une volonté tendue vers l'action, prête à s'emparer de la souveraineté.

Lille, Université.

PH. SAGNAC

LE DOGME DE LA TRINITÉ

DEUXIÈME PARTIE:

L'évolution des deux triades et les premiers conflits.

Dans notre précédente étude nous avons exposé l'origine des deux triades primitives, l'orientale et l'occidentale, premières ébauches de la Trinité future; il nous faut maintenant examiner comment la vie de la foi et le progrès de la théologie les affermissent et les compliquent, puis comment s'engage, entre les conceptions contraires, l'inévitable conflit.

I. Évolution de la triade orientale.

La triade orientale, j'entends celle qui s'est formée en Orient, se trouvait dominée, ainsi que nous l'avons vu, par ce qu'on peut appeler la théologie du Logos, d'où il faut conclure qu'elle n'était point proprement sortie de la foi commune; aussi bien ne subira-t-elle qu'indirectement son impulsion majorante. Ses progrès lui viendront de la spéculation des docteurs; c'est pourquoi son histoire, aux trois premiers siècles, est à chercher, après le IVe Évangile, dans les écrits des Apologètes grecs, des Alexandrins, Clément, Origène et Denys, de Tertullien et de Novatien.

Dès qu'eut été formulée la proposition: *le Christ c'est le Logos fait chair,* il en découla plusieurs conséquences, ou, si l'on préfère, il en sortit plusieurs problèmes, dont la solution ne semblait pas aisée, mais devant lesquels la pensée chrétienne ne pouvait pas se dérober. D'abord la seule assimi-

lation du Christ, Jésus, personne définie, au Logos divin entraînait fatalement l'attribution au Logos d'une personnalité réelle. En second lieu, le Logos, issu de Dieu, devait, quelqu'opinion qu'on adoptât sur le mode de sa procession et sur le moment de sa manifestation « près de Dieu », rester subordonné à Dieu. Il ne paraissait pas possible de l'identifier à Dieu, à peine de replacer Dieu au contact de la matière, alors, tout justement, qu'on avait imaginé le Logos pour échapper à cette nécessité. On ne pouvait concevoir comme légitime, entre le Logos et Dieu, que l'union hypostatiqne déjà établie par la théologie philonienne et que — bien entendu — elle donnait comme un fait, plus qu'elle ne l'expliquait. De plus, il semblait naturel de rapporter au Christ-Logos toutes les manifestations de Dieu antérieures à Jésus, par exemple l'inspiration des prophètes, et de croire que l'action visible du Pneuma, depuis l'Ascension, appartenait au Logos remonté vers son Principe; et, en conséquence, d'identifier le Pneuma au Logos. Cette opération tendait à constituer deux personnes divines distinctes, *mais deux seulement.*

Il y a tout lieu de croire que ce fut la formule baptismale qui, s'imposant au philosophe chrétien comme au simple croyant, maintint, dans le langage courant des théologiens du Logos, la distinction entre le Fils et l'Esprit. Et pourtant ils demeurèrent longtemps perplexes sur la nature de ce troisième terme: ils hésitaient à le séparer de Dieu ou du Logos, à le considérer comme autre chose qu'un don divin, à en faire *une personne.* Quand ils s'y decidèrent, ils jugèrent à propos de la subordonner en quelque sorte au Logos, comme ils avaient subordonné le Logos au Père et de l'unir à lui hypostatiquement. Ils disposaient alors de trois personnes distinctes, inégales, mais cependant divines et telles que, malgré toutes les affirmations et conciliations verbales avancées, le grand principe de l'unité divine, de la *monarchie,* comme ils disaient, semblait bien relégué au second plan.

Que le Logos tendît nécessairement à une personnalité distincte du Père, toute la vie de la pensée chrétienne le prouve et c'est, à vrai dire, par cette opération et autour d'elle que le christianisme s'est constitué en religion indépendante: « *Notre doctrine,* écrit Justin (*II Apol.,* 10, 1), *est plus haute que toute doctrine humaine, parce que tout ce qui se rapporte au Logos* (τὸ λογικὸν τὸ ὅλον) *a paru pour nous dans le Christ, corps, Logos*

et âme ». Toutefois il ne semblait pas moins nécessaire que Dieu le Père demeurât nettement au premier rang. Il ne faut pas abuser du texte de *Jean*, 10, 30, rendu fameux par l'usage qui en a été fait au IV[e] siècle: *Moi et le Père ne sommes qu'un.* Il ne va pas en réalité plus loin que: *Le Père est en moi et je suis dans le Père* (10, 38; 14, 10), ce qui affirme tout simplement « la relation intime du Père et du Verbe éternel ou incréé, fondée sur la communication de nature et d'attributs divins qui se fait de l'un à l'autre. Ni l'indivisibilité absolue de la nature divine, ni la parfaite égalité des personnes ne sont formellement enseignées ».[1] Le Logos ne saurait de longtemps être plus qu'un délégué de Dieu, qui tient « *la seconde place, après le Dieu immuable, éternel créateur de toutes choses* », [2] alors même que, pour rehausser sa dignité et le mieux séparer du commun des créatures, on imagine qu'il était déjà en Dieu avant le temps et qu'on recule devant l'aveu qu'il a été *créé* par Dieu.

La tendance à confondre le Logos et le Pneuma se devine dans divers textes du second siècle. Par exemple Justin (*II Apol.*, 10, 8) écrit: « *Mais le Christ.... était le Logos et il est celui qui est en tout et qui prédit par les prophètes ce qui doit arriver* »; et c'est là donner au Logos le rôle dévolu d'ordinaire au Pneuma. Plus nettement encore la confusion s'affirme-t-elle en *I Apol.*, 35, 6, où nous lisons: « *L'Esprit* (τὸ πνεῦμα) *et la Vertu* (τὴν δύναμιν) *de Dieu, ce n'est pas autre chose, nous n'en pouvons douter, que le Logos, qui est le premier-né de Dieu* ». Dans ces conditions, l'Esprit n'est plus, au vrai, qu'un simple don divin, un principe d'inspiration et d'intelligence, qui peut venir du Père ou du Logos, et, autant qu'on en peut décider, car il lui arrive de se contredire, c'est ainsi encore que le conçoit Irénée dans le dernier quart du II[e] siècle. [3] La même incertitude paraît subsister également dans la pensée des autres Apologètes que l'on considére, à juste titre, comme les théologiens du Logos au II[e] siècle, Théophile, Méliton, Athénagore,

[1] Loisy, *Le Quatrième Évangile*, p. 624; cfr. J. Réville, *Le Quatrième Évangile*, p. 215.

[2] Justin, *I Apol.*, 13, 4.

[3] Voici l'indication de quelques passages où l'Esprit paraît comme une personne: *Haer.*, 4, 20, 5; 4, 38, 1; 4, 38, 3; 5, 6, 1; 5, 28, 4; en revanche en voici d'autres où il reste impersonnel: 3, 17, 2; 5, 18, 2; 4, *praef.*, 4; 4, 1, 1. Cfr. Dupin, *Trinité*, p. 35, qui montre qu'au fond Irénée penche pour assimiler l'Esprit à un don divin, non à une personne.

Tatien ;[1] Hippolyte, au commencement du IIIe siècle, parle encore de la triade dans les termes que voici: Il vient, en s'appuyant sur le prologue du IVe Évangile, de proclamer la divinité du Logos et il ajoute: *Je ne parle pas de deux dieux, mais d'un seul. Toutefois il y a deux personnes et, en troisième lieu, par la vertu de l'æconomia (il y a), la grâce du Saint Esprit. Car le Père est un, mais il y a deux personnes, car il y a aussi le Fils et, en troisième lieu, il y a le Saint Esprit* ».[2] Il n'est guère douteux qu'Hippolyte n'ose pas encore considérer l'Esprit comme une vraie personne semblable aux deux autres. Mais la formule baptismale l'empêche, comme elle a empêché ses prédécesseurs du IIe siècle, de briser la triade par éviction de l'Esprit. Notons d'ailleurs que la formule en question est devenue invincible à partir du jour où elle a été franchement rapportée à Jésus lui-même: Irénée la cite comme de lui (*Haer.*, 3, 17, 2). L'attribution d'une personnalité distincte à l'Esprit resta donc la seule solution possible des difficultés qui avaient empêtré la théologie des Apologètes grecs, lorsque, décidément, la pensée chrétienne se fut détournée de celle que semblait suggérer le IVe Évangile: établir entre le Pneuma et le Logos la relation même que le prologue johannique marquait entre le Logos et Dieu, et, par là, rentrer dans l'unité divine. Il faudra du temps pour que le résultat inévitable soit atteint et, à dire vrai, la théologie du Saint Esprit ne s'est constituée qu'en contre-coup de l'arianisme, dans la seconde moitié du IVe siècle. Voyez en quels termes Origène parle du Pneuma dans la préface de son traité *des principes* (vers 230): « *La tradition associe en honneur et en dignité au Père et au Fils l'Esprit Saint. En ce qui le concerne, on ne peut décider avec certitude s'il a été créé ou s'il est incréé (factus an infectus), si, lui aussi, doit être considéré comme le Fils de Dieu, ou non* ».

[1] Cfr. PUECH, *Les Apologistes grecs du IIe siècle de notre ère*, Paris, 1912, notam. p. 114 et 160.

[2] *Adv. Noetum*, 14: *δύο μὲν οὐκ ἐρῶ θεοὺς ἀλλ' ἢ ἕνα, πρόσωπα δὲ δύο, οἰκονομίᾳ δὲ τρίτην τὴν χάριν τοῦ ἁγίου Πνεύματος. Πατὴρ μὲν γάρ εἷς, πρόσωπα δὲ δύο, ὅτι καὶ ὁ υἱός, τὸ δὲ τρίτον τὸ ἅγιον πνεῦμα.* Cfr. HARNACK, *LDG.*[3], 1, p. 537. L'*οἰκονομία* c'est la réalisation, plus ou moins incompréhensible aux hommes, du plan divin, surtout en ce qui regarde l'Incarnation et la Rédemption. Cfr. JUSTIN, *Dial. avec Tryphon*, édit. Archambault, t. I, p. 200. — 2. *Jn.* 16, 7; 16, 13; 7, 39 qui supposent que l'Esprit, le Paraclet, viendra du Logos incarné; *Jn.* 1, 32-34; 15, 26, il est vrai, le fait procéder du Père ; sa doctrine n'est donc pas très ferme.

Et cette simple phrase décèle une incertitude encore bien grande touchant la nature de l'Esprit.

Pourtant, dès lors, le pas est virtuellement franchi, selon toute apparence, dans la foi courante et il semble que Clément d'Alexandrie, le maître d'Origène, accepte la personnalité de l'Esprit; c'est du moins ce qu'on conclut d'une phrase où, rapprochant l'Esprit du Fils, il les qualifie l'un et l'autre de *primitivae virtutes ac primo creatae, immobiles existentes secundum substantiam.* [1] C'était sans doute également à la même opinion que s'arrêtait Origène, non sans quelque hésitation,[2] et certainement Tertullien (*Adv. Praxean,* 13).

C'est ce dernier qui le premier, à notre connaissance, a dit *la Trinité* au lieu de *la triade,* et ce mot nouveau impliquait non seulement trois personnes divines, mais encore une théorie capable d'expliquer leur juxtaposition et leur rapport; arguer de l'*æconomia* ne pouvait longtemps suffire à rassurer le sens commun choqué par l'inévitable contradiction où aboutissait la foi, en affirmant qu'elle ne reconnaissait qu'un Dieu et que pourtant le Père, le Fils et l'Esprit étaient dieux. Une théorie métaphysique seule pouvait concilier l'inconciliable; les Alexandrins ont préparé sa matière et Tertullien lui a fourni plusieurs formules qui suffiront, durant quelque temps, à masquer les terribles difficultés qu'elle rencontre.

Qu'elles fussent effrayantes, il suffit, pour s'en rendre compte, de voir dans quelles incertitudes elles jettent Origène et de quels artifices littéraires il lui arrive de se contenter en guise d'explications; [3] mais, enfin, il affirme l'existence d'un Dieu unique qui contient trois hypostases (*In Joan.,* 2, 6); le Fils reste inférieur au Père et l'Esprit inférieur au Fils; ils n'ont pas dans le monde les mêmes attributions: le Père s'intéresse à tous les êtres, le Fils aux êtres intelligents et l'Esprit aux seuls justes. Un mot des *Principes* (1, 35) semble aussi donner à l'Esprit le rôle d'élément liant dans la triade: *impos-*

[1] *Adumbrationes. In Epist. 1 Joannis* (*P. G.*, t. IX, col. 735 et s.). Cfr. *Strom.*, 5, 14.

[2] Références dans TIXERONT, *Hist. des dogmes*, I, p. 288 et s.

[3] Il faut se méfier de quelques précisions trinitaires que contient le traité des *Principes*, parce qu'on peut, à bon droit, soupçonner Rufin, dont la traduction nous donne seule l'ouvrage dans son ensemble, de les y avoir introduites. Par exemple l'affirmation (1, 3, 7): *nihil in trinitate majus minusve* est nettement contredite par un des fragments conservés en grec. Cfr. LOOFS, *Leitfaden*, p. 196.

sibile partem fieri patris vel filii sine spiritu sancto, et un autre (1, 5, 8) montre la juxtaposition de l'action du Père, de celle du Fils et de celle de l'Esprit dans la personne des chrétiens, qui doivent au premier l'existence, au second la raison, au troisième la sainteté. De semblables distinctions, dont le caractère arbitraire saute aux yeux, n'expliquent rien du tout. Origène n'en pouvait guère être satisfait et, sans doute, se serait-il plus facilement arrangé de la triade s'il avait pu échapper à l'individualisation des personnes; mais les formules liturgiques s'y opposaient décidément et pas seulement celle du baptême; elles distinguaient les trois termes et, en même temps, elles les unissaient et, en quelque manière, les mélangaient, comme pour compliquer encore l'élucidation de la fameuse *œconomia.*[1]

Tertullien n'est pas un penseur de la taille d'Origène; mais c'est un homme décidé et un juriste; les définitions sont son affaire et lorsqu'il a formulé le principe à démontrer, le reste, c'est-à-dire l'essentiel, lui paraît presque l'accessoire.[2] Le principe, c'est que Dieu est *un* quant à la substance et *triple* quant aux personnes; il n'y a pas plus à hésiter sur un point que sur l'autre et le premier, on peut même dire le seul des docteurs chrétiens, avant les Pères du IVe siècle, Tertullien affirme avec précision et clarté la divinité de l'Esprit. Alors l'*œconomia* est certainement une certaine disposition en Dieu de l'unité et telle que la trinité en résulte : *Unitatem in trinitatem disponit* (*Adv. Prax.*, 2). La Trinité, ce sont les trois personnes. Tertullien, pour les désigner, emploie le mot *persona,* qui équivaut au grec *hypostasis,* et à notre *individu,* mais il dit aussi *species, forma* ou *gradus.* Or, ces trois personnes ne sont point différentes en état, en substance, en puissance, mais en degré, en forme, en figure; elles se fondent en un tout (*unum*)[3] et chacune n'est Dieu que de l'unité divine, commune au trois, et qui découle toute du Père (*Adv. Prax.,* 19). Le Père était d'abord seul, mais sa raison était en lui et, dans

[1] Cfr. ORIG., *De oratione*, 33, où il est dit que la prière du fidèle doit se terminer par une « *doxologie de Dieu par le Christ dans l'Esprit Saint* » (*δοξολογίαν Θεοῦ διὰ Χριστοῦ ἐν ἁγίῳ Πνεύματι*).

[2] Le traité capital en l'espèce est l'*Adversus Praxean.*

[3] *Adv. Prax.*, 2: *Tres autem non statu, sed gradu, nec substantia sed forma, nec potestate, sed specie, unius autem substantiae et unius status et unius potestatis.* 25: *Ego et Pater unum sumus ad substantiae unitatem non ad numeri singularitatem.*

sa raison, son Logos (*Sermo*); quand il a voulu créer le monde, le Père a *proféré* ce Logos, enfermé jusqu'alors dans son cœur (*vulva cordis*), et ainsi est né le Logos (*Adv. Prax.*, 7: *haec est nativitas perfecta Sermonis*); du même coup, Dieu a acquis la qualité de Père (*Adv. Hermogenem*, 3: *Quia et Pater Deus est et judex Deus est, non ideo tamen pater et judex semper quia Deus semper. Nam nec pater potuit esse ante filium, nec judex ante delictum*). Notre auteur reste d'ailleurs discret sur le mode de la procession de l'Esprit; il se contente de dire qu'il vient « *du Père par le Fils* » et de multiplier les figures, comme si des analogies qui n'expliquent rien, et pour cause, suffisaient à rendre compte de l'incompréhensible. [1]

Au premier abord, on pourrait croire que Tertullien a professé sur la Trinité une opinion analogue à celle qu'acceptera l'orthodoxie au IVe siècle, et qu'il enseigne la *consubstantialité* des trois personnes (*tres personae, una substantia*); il semble qu'il ait, du moins, entrevu qu'en cette notion se trouvait enfermé l'unique moyen de maintenir le principe de l'Unité divine, compromis par la distinction des personnes. En revanche, il a contribué à marquer encore plus nettement leur séparation, en les représentant comme des degrés différents de la même substance; elle est *toute* dans le Père; le Fils et l'Esprit n'en sont que des *dérivations* et n'agissent que par délégation du Père. La monarchie divine n'est pas plus compromise par ce partage que ne l'est la monarchie humaine quand le souverain associe son fils à son pouvoir, et d'ailleurs, à la fin des temps, l'unité de gouvernement se rétablira, car le Fils (et évidemment aussi l'Esprit) remettra au Père l'autorité qu'il en a reçue. [2] En attendant, le Fils agit dans le monde comme *vicaire* du Père, comme *vice-Père* (*Adv. Prax.*, 24 et 25) et l'Esprit comme *vicaire* du Fils (*De praescriptione*, 28; *De virgin. vel.*, 1).

En somme, la Trinité de Tertullien ressemble à la triade d'Origène: trois hypostases rangées en série descendante; mais singulièrement plus nettes en sont les définitions; c'est ce qui explique le succès des formules Tertullianistes. Vers le milieu

[1] *Adv. Prax.*, 8: *A deo et filio sicut tertius a radice fructus a frutice et tertius a fonte rivus a flumine, et tertius a sole apex ex radio.*

[2] *Adv. Prax.*, 3, 4. — 9: *Pater enim tota substantia est, filius vero derivatio totius et portio.* La théorie de la monarchie, que le partage de l'autorité ne ruine pas, se trouve au ch. 3 du même ouvrage.

du IIIe siècle, Novatien, à quelques nuances près, les enseignait à Rome et toute la théologie occidentale s'y tiendra jusqu'au temps où l'atteindra le contre-coup de la querelle arienne. Assurément elles avaient le mérite de poser clairement le problème et de le regarder en face, mais elles ne s'appuyaient que sur une explication boiteuse. Tertullien reprochait à Praxeas de détruire les personnes divines, sous prétexte de maintenir la *monarchie* et, lui, en venait à compromettre singulièrement la monarchie, l'unité même de l'essence divine, à force de consolider les personnes. Au dessus de cet inconvénient déjà considérable et qu'éviteront toujours difficilement les théoriciens des personnes de la Trinité, on en aperçoit d'ailleurs un autre plus grave: le Logos a été employé, bon gré mal gré, à une besogne pour laquelle il n'était point fait. Inventé pour expliquer la création contingente, voilà que les théologiens prétendaient se servir de lui pour scruter la nature intime de Dieu, alors qu'en vérité il était né du désir d'interdire cette imprudente opération. Mais aussi ils n'avaient pas eu le choix: la nécessité d'expliquer des mots, de leur donner un sens et une cohésion, de ne pas s'en tenir à la simple juxtaposition où les plaçait la formule baptismale, les avait entrainés là où nous voyons Origène et Tertullien. Or le caractère équivoque de leur système saute aux yeux: ils se croient obligés de subordonner le Logos au Père, et l'Esprit soit au Père soit au Fils, parce que l'antériorité du Père, son caractère de *principe,* la supériorité de sa dignité et, en quelque sorte, de sa plénitude divine, leur semblent des postulats inévitables, et que la subordination de l'Esprit découle forcément de la subordination du Logos et le place, en fait, au troisième rang en dignité. Mais alors que devient l'unité, considérée en rigueur? Ce n'est pas seulement parce que la substance divine apparaît sous trois espèces personnelles que cette unité semble compromise, c'est surtout parce que, qu'on le veuille ou non, les trois personnes ne sont pas co-éternelles, que les circonlocutions, pour si prudentes qu'on les choisisse, ne dissimulent que très imparfaitement la nécessité d'admettre qu'un temps fut, si loin qu'on le recule par delà tous les siècles, où le Fils *n'était pas* en soi; et il en va de même pour l'Esprit. Il faut donc accepter qu'ils ont été *créés* par le Père, qu'on nomme du reste comme on voudra et qu'on singularise jusqu'à tomber dans l'inintelligible, le mystérieux phénomène de leur naissance.

Comment, si chacune des deux personnes subordonnées a eu un commencement, provoqué par un acte de volonté qui ne procédait point d'elle, échapper à cette conséquence que les trois personnes divines, encore que très intimément unies, sont positivement trois êtres divins distincts?

D'autre part, la notion même du Logos comportait une incertitude que son introduction dans la triade chrétienne n'a pas dissipée; en tant qu'agent de la création, c'est-à-dire considéré dans son rapport avec le monde, il se distinguait de Dieu et semblait rentrer lui-même dans la catégorie des créatures; mais, en tant qu'expression de la volonté divine, c'est-à-dire considéré dans son rapport avec Dieu, il paraissait assez aisément réductible à Dieu lui-même. Et il n'était guère possible de considérer à la fois ces deux aspects du Logos, ou de prétendre n'en faire qu'un sans tomber dans l'inintelligible. Tel était pourtant l'impasse où se trouvait acculée la théologie du Logos au IIIe siècle.

Visiblement beaucoup de chrétiens avaient peur d'elle et leur bon sens s'insurgeait contre les conciliations qu'elle prétendait apporter à une irréductible contradiction. Du plus grand nombre de ces fidèles là, les docteurs, comme Origène, pouvaient bien dire qu'ils pensaient petitement des choses divines; peut-être même n'en pensaient-ils rien du tout et se contentaient-ils de suivre des pratiques, en répétant des formules apprises; mais, à côté d'eux, il en était d'autres, dont il ne nous est pas très facile de distinguer ce qu'ils pensaient; dont nous voyons pourtant qu'ils résistaient à la spéculation trinitaire, qu'ils n'y comprenaient goutte, que, par dessus tout, ils avaient une peur affreuse de la division de Dieu et déclaraient s'en tenir, pour plus de sûreté, à la monarchie. Tertullien les méprise, sans, d'ailleurs, s'apercevoir qu'il ne leur oppose qu'une logomachie vide.[1] Certaines sectes (les Ebionites) s'obstinaient à ne vouloir reconnaître en Jésus que la dignité messianique, exprimée par son titre de *Fils de Dieu*.

[1] *Adv. Prax.*, 3: *Simplices enim quique, ne dixerim imprudentes et idiotae, quae major semper credentium pars est, quoniam et ipsa regula fidei a pluribus diis saeculi ad unicum et Deum verum transfert, non intelligentes unicum quidem, sed cum sua oeconomia esse credendum, expavescunt ad oeconomiam. Numerum et dispositionem trinitatis, divisionem praesumunt unitatis; quando unitas ex semetipsa derivans trinitatem non destruatur ab illa, sed administretur. Itaque duos et tres jam jactitant a nobis praedicari.... Monarchiam, inquiunt, tenemus.*

L'auteur du *Pasteur* n'a point idée de la Trinité; même il n'attribue au Sauveur qu'une divinité toute relative et qui ne va guère plus haut qu'une union permanente avec l'Esprit de Dieu. De son exemple, comme de celui des Ebionites, nous pouvons conclure que la transformation en Trinité de la triade dont le Logos formait le centre, ne s'est point accomplie du consentement unanime de tous les chrétiens et qu'ils ne se sont point laissés choir sans quelque résistance dans l'impensable.

II. La triade occidentale.

Nous connaissons moins bien l'autre triade, celle qui s'organise autour de l'idée du Fils élevé jusqu'à Dieu; plus exactement nous ne la voyons clairement que dans le symbole de foi dit *romain*, parce qu'il fut probablement rédigé à Rome, au courant du IIe siècle, et dont les conclusions extrêmes sont du IIIe siècle. Il semble que son évolution ait été dominée par deux affirmations très rigides: *Dieu est un* et *Christ est Dieu*, et l'on comprend qu'elle en ait comme nécessairement cherché la conciliation dans le *modalisme*, suivant lequel Père, Fils et Esprit ne sont que trois *modes*, trois aspects différents du Dieu unique.

Pas plus que la théologie du Logos ne s'est strictement limitée à l'Orient, cette seconde triade n'est demeurée enfermée en Occident. Un Syrien comme Ignace, vers le premier quart du IIe siècle, ignorait la théologie du Logos et les patrons du modalisme, dans les débats qui eurent Rome pour théâtre, furent des Orientaux. Dès le temps de Justin, le modalisme se dresse en face de la théorie des personnes distinctes, puisque notre apologiste le combat (*Dial. avec Tryph.*, 128). Tout d'abord les chrétiens qui, sans prendre pour intermédiaire la notion philosophique du Logos, se sont laissés aller, par une pente inévitable, à diviniser le Seigneur Jésus, n'ont accompagné les suggestions de leur foi d'aucune considération métaphysique. Personne ne s'avisait de douter que le Seigneur fût *de Dieu;* on pouvait bien penser qu'il participait de la divinité, sans pour cela imaginer qu'il faisait concurrence au vrai Dieu, tout puissant, Créateur du ciel et de la terre. Malheureusement la foi ne pouvait s'arrêter sur cette équivoque et elle devait tendre à rapprocher Jésus de Dieu aussi complètement que possible, jusqu'à l'identification. Au fond, c'était seulement à

sa limite que l'opération devenait acceptable pour la raison, parce qu'alors il suffisait, pour la satisfaire, de dire que le Christ n'avait été qu'une manifestation terrestre de Dieu lui-même, comme, du reste, l'Esprit, sous une autre forme; l'unité de Dieu se trouvait ainsi rétablie.

Les principaux représentants du modalisme, Noetus, Praxeas, Sabellius, nous en font la théorie avec quelques divergences de détail; il est inutile que nous nous y arrêtions; ce qui nous importe, c'est leur idée essentielle à tous, à savoir que c'est le même Dieu unique qui se manifeste successivement sous les aspects du Père, du Fils et de l'Esprit. On admet que, par l'incarnation, le Père devienne le Fils, sans pourtant cesser d'être le Père (Noetus), ou encore que, dans la personne de Jésus Christ, le Fils représente Jésus, c'est-à-dire la Chair, et le Père représente le Christ, c'est-à-dire l'Esprit (Praxeas), ou que les trois termes, Père, Fils, Esprit, désignent trois moments de la vie du Dieu unique, dans trois fonctions différentes (Sabellius). En tous cas le grand principe de la monarchie était sauvegardé. Assurément ce n'était point non plus sans métaphysique arbitraire, mais au moins le système semblait assez logique et aboutissait à un résultat en apparence satisfaisant, puisque le Seigneur se trouvait haussé jusqu'à Dieu, sans que l'unité divine fût brisée. C'est pourquoi le modalisme reçut bon accueil en Occident et y acquit, selon toute apparence, une assez large popularité. Il semble difficile de croire que plusieurs évêques de Rome, au temps des Sévères, Eleuthère, Victor, Zéphyrin, n'en furent pas touchés.

Ses inconvénients, on les aperçoit tout de suite: la distinction des personnes n'avait plus guère de réalité; on pouvait même se demander si toutes trois avaient jamais existé simultanément; il semble plutôt que ce soit le même dieu, la même monade divine (*υἱοπάτωρ* = Père-Fils) qui paraisse sous des aspects différents, à des moments différents: la Trinité s'évanouit. Or cette conclusion radicale répugnait à beaucoup de chrétiens moyens, autant que les propositions où s'acheminait la théologie du Logos; ils tenaient à la monarchie assurément, mais ils ne renoncaient pas à placer de vraies personnes sous les termes de la formule liturgique consacrée par l'usage. Ils souhaitaient, d'instinct, plus que par raisons bien déduites, une conciliation entre des thèses au premier abord inconciliables; ils voulaient sauver, à la fois, la monarchie et la Trinité.

III. Les premiers conflits.

Cet attachement aveugle à deux propositions contradictoires, après une rude bataille, dont le IIIe et le IVe siècle virent les épisodes décisifs, finit par triompher et s'imposer aux théologiens, dont la fonction propre dans l'Église est de découvrir les formules où se résorbent les difficultés, où s'harmonisent les antinomies; mais jamais, sans doute, leur ingéniosité ne fut mise à plus pénible épreuve.

Vers la fin du IIe siècle, l'opposition théorique à la théologie du Logos se manifesta et provoqua le premier épisode de la controverse; après des périodes d'apaisement apparent, le débat reprit, par deux fois, vigueur au cours du IIIe siècle. Son principal théâtre — mais non pas le seul — fut Rome. Penseurs, hérésiarques, ou simples aventuriers religieux venaient alors volontiers chercher fortune dans la Ville et entretenaient dans son Église une agitation perpétuelle.[1]

Ce furent deux Asiates, Praxeas d'abord, Noetus ensuite, qui, le premier vers 189-190, ou un ou deux ans plus tôt, le second dix ou douze ans plus tard, s'en vinrent professer à Rome que le Christ c'était le Père, que le Père était né, qu'il avait souffert, qu'il était mort et qu'en conséquence la monarchie divine n'avait jamais été altérée. Malheureusement nous ne connaissons ces docteurs que par leurs adversaires, Tertullien pour Praxeas, Hippolyte pour Noetus; nous entrevoyons cependant qu'ils eurent du succès, que l'un gagna l'évêque de Rome (peut-être Eleuthère) et que l'autre se fit assez de partisans pour tenir tête au clergé de l'Église romaine et ouvrir école. La simplicité de leur doctrine et l'explication claire qu'elle apportait du mystère de la Rédemption, les recommandaient à des hommes qui furent toujours meilleurs logiciens que subtils théologiens. Les tenants de la Trinité constituée autour du Logos leur firent une rude guerre[2] et finirent par en avoir raison. Par pour longtemps, d'ailleurs, car, au moment même où Tertullien et Hippolyte invectivaient Praxeas et Noetus, leur héritier et peut-être leur élève, Sabellius, gagnait les bonnes grâces de Zéphyrin, évêque de Rome

[1] Duchesne, *Hist. anc.*, I, p. 396.
[2] Tertull., *Adv. Praxean;* Hippol., *Contra Noetum.*

de 198 à 217. A travers les *Philosophumena,* communément attribués à Hippolyte, nous avons l'impression qu'une violente agitation secoue alors l'Église de la Ville. Zéphyrin prenait, même en public, une attitude singulièrement équivoque: « *Je ne connais,* disait-il, *qu'un Dieu, Jésus Christ et, en dehors de lui, aucun autre n'a été engendré et n'a souffert* ». Et il ajoutait: « *Ce n'est pas le Père qui est mort, mais bien le Fils* ». Cependant il traitait de *dithéistes* ceux qui tenaient pour la distinction précise des personnes divines, « *vomissant spontanément le poison qu'il cachait au fond de ses entrailles* »;[1] ce poison c'était un sabellianisme bâtard, un monarchianisme honteux, qui se réfugiait dans l'incohérence, plutôt que de dire franchement oui ou non. Telle était, semble-t-il, également la tendance de son successeur Calliste; il faut, d'ailleurs, concéder que sa situation était difficile et qu'il pouvait se croire très sincèrement obligé de chercher l'équilibre entre les deux opinions adverses, qui, dans leur formule extrême, lui semblaient probablement aussi inacceptables l'une que l'autre; et comme, en fait, leur conciliation se trouvait logiquement impossible, il glissait fatalement à l'absurdité.

Il semble bien qu'il y soit tombé. Il commença par excommunier Sabellius, comme mal pensant,[2] et, sans doute, n'aurait-il pas mieux demandé que de traiter de même Hippolyte, le principal représentant de la doctrine trinitaire, mais celui-ci se ségréga lui-même et ainsi Calliste se trouva placé entre les *dithéistes* et les *monarchiens.* Il essaya de justifier sa position en la définissant; naturellement il ne satisfit aucun des deux adversaires et l'auteur des *Philosophumena* l'accusa tout uniment d'hérésie. Il disait, paraît-il, « *que le Logos lui-même c'est le Fils* (τὸν Λόγον αὐτὸν εἶναι Υἱὸν), *lequel aussi est appelé du nom de Père* (αὐτὸν καὶ πατέρα ὀνόματι μὲν καλούμενον) *et, en réalité, est encore l'Esprit indivis* (τὸ Πνεῦμα ἀδιαίρετον)*; que le Père n'est pas une chose et le Fils une autre, mais qu'ils n'en constituent qu'une, et la même* (ἓν δὲ καὶ τὸ αὐτὸ), *et que toutes choses sont remplies de l'Esprit divin* (τοῦ θείου πνεύματος), *et celles d'en haut et celles d'en bas; que l'Esprit* (πνεῦμα) *qui s'est incarné dans la Vierge n'est pas autre que le Père, mais bien qu'il n'est qu'une seule et même chose* (ἓν καὶ τὸ αὐτό) *et*

[1] *Philosophumena*, 9, 11.
[2] *Philos.*, 9, 12: ὡς μὴ φρονοῦντα ὀρθῶς.

que c'est ce que veut dire la parole: ne crois-tu pas que je suis dans le Père et que le Père est en moi (*Jn.*, 14, 11)? *Il est, en effet, visible que ce qui est homme, c'est le Fils, et que l'Esprit qui était contenu dans le Fils, c'est le Père. Car, dit Calliste, je ne professe pas deux dieux, le Père et le Fils, mais un seul; attendu que le Père qui est venu dans le Fils* (ἐν αὐτῷ γενόμενος), *parce qu'il a pris la chair, l'a rendue divine* (ἐθεοποίησεν), *en l'unissant à lui-même et a fait d'elle et de lui-même une seule chose, de telle sorte qu'on dise que le Père et le Fils sont un seul Dieu et que cette personne, puisqu'elle est une, ne peut pas être deux, et qu'en conséquence le Père a compâti avec le Fils* (καὶ οὕτως τὸν Πατέρα συμπεπονθέναι τῷ Υἱῷ). *C'est* — ajoute Hippolyte — *qu'il ne veut pas dire que c'est le Père qui a souffert, et qu'il n'y a qu'une seule personne* (πρόσωπον), *afin d'éviter un blasphème contre le Père, cet homme inintelligent et ondoyant* (ὁ ἀνόητος καὶ ποικιλός), *qui répand les blasphèmes en haut et en bas, de telle manière qu'il semble parler contre la vérité tantôt en tombant dans le doctrine de Sabellius, tantôt en ne rougissant pas de celle de Théodote* ».[1]

Que de semblables formules se traînent dans l'équivoque, on n'en saurait douter et la doctrine de la *compassion*, tout spécialement, suivant laquelle le Père a souffert avec le Fils, sans pourtant souffrir lui-même, encore qu'il ne soit qu'un avec le Fils, ne fait pas grand honneur à celui qui l'a inventée; mais elles prouvent, du moins, un désir peut-être sincère d'éviter les extrémités des thèses adverses, et les théologiens du Logos, comme Hippolyte, s'aveuglaient étrangement pour ne pas voir que leur logomachie ne valait guère mieux, j'entends ne satisfaisait pas plus la raison que celle de Calliste. On a contesté que ce dernier fût vraiment responsable de l'enseignement que lui prêtent les *Philosophumena*;[2] il nous importe assez peu, car on ne peut guère nier que les propositions en cause aient été soutenues de son temps et c'est cela qui nous intéresse; elles font au Logos une place aussi petite que possible, en acceptant de l'identifier au Fils — c'était acquis — et elles sont visiblement dominées par la préoccupation de maintenir, coûte que coûte, l'unité de Dieu. On a très justement re-

[1] Théodote de Byzance, hérétique que nous ne connaissons guère que par Hippolyte; il distinguait Jésus du Christ et n'admettait pas la divinité du premier, dans lequel, seulement, le Christ était descendu au moment du baptême.

[2] Duchesne, *Hist. anc.*, I, p. 314.

marqué[1] qu'au temps de Calliste il y avait a Rome trois triades: celle de Sabellius, monarchienne; celle d'Hippolyte, trinitaire et celle de Calliste lui-même, théoriquement entre les deux, mais bien plus près de la première que de la seconde. Si incohérente qu'en fût, d'ailleurs, la formule, elle offrait de grands avantages pratiques: elle contenait assez de l'une et de l'autre doctrine pour que les fidèles moyens, incapables de la scruter très avant et d'instinct portés vers les solutions incertaines, parce que peu compromettantes, la jugeassent excellente; elle faisait place au Logos, une place qu'il élargira, et elle restait, en fait, à même de corriger son incohérence et de prendre de la profondeur en creusant à droite ou à gauche, selon le sens où la foi, dans son évolution, l'inclinerait.

Vers 260 un nouveau choc se produisit entre les conceptions adverses:[2] le sabellianisme, ou, du moins, une doctrine qui en dérivait et réduisait les trois personnes à trois modalités, à trois noms successifs du même Être divin, se rapportant à trois fonctions différentes, s'était répandu en Égypte et dans la Pentapole (Cyrénaïque); les évêques de ce dernier pays sollicitèrent l'arbitrage de Denys, évêque d'Alexandrie, qui, en bon héritier de la théologie d'Origène, et fort attaché à la distinction des personnes, ne manqua pas de condamner les monarchiens. Seulement, comme il était presqu'inévitable lorsqu'on voulait mettre en bonne valeur une des deux propositions contradictoires qui se juxtaposaient dans la conception trinitaire, il fit tort à l'autre; il sépara si bien les personnes qu'on ne voyait plus leur unité et il sembla tomber dans le trithéisme. Il avait écrit cette phrase redoutable: « *Le Fils de Dieu a été fait et créé; sa nature n'est donc pas proprement celle du Père, mais il est étranger au Père quant à la substance* (*κατ' οὐσίαν*), *comme l'est le vigneron par rapport à la vigne et le constructeur par rapport au bateau, et donc, puisqu'il est une créature, il n'existait pas avant d'avoir été créé* (*καὶ γὰρ ὡς ποίημα ὢν οὐκ ἦν πρὶν γένηται*) ». Le Fils n'était donc pas coéternel au Père; il y avait eu un temps où il n'était pas (*ἦν ποτὲ ὅτε οὐκ ἦν*)! Avec une telle distinction dans le temps et une séparation si nette de substance, l'unité

[1] DUPIN, *Trinité*, p. 66,

[2] Cette affaire nous est connue surtout par un traité d'Athanase, le *De sententia Dionysii*, et par un chapitre de son *De decretis Nicaenae Synodi*.

trinitaire se réduisait à un mot. Des ouailles de Denys, justement choquées de son langage et effrayées des conclusions qu'il supposait, le dénoncèrent à l'évêque de Rome, qui s'appelait aussi Denys et qui, en tant que successeur de S. Pierre, était généralement tenu pour le gardien de la saine tradition apostolique. Denys de Rome réunit donc un petit synode, prit son avis, puis expédia deux lettres à son homonyme, l'une particulière et l'autre ouverte, où il exposait sa doctrine.

« *Sabellius,* y était-il dit, *tombe dans le blasphème, en ce qu'il prétend que le Fils c'est le Père et réciproquement. Les autres, ceux qui enseignent le Logos divin, divisent la monarchie comme en trois forces* (δυνάμεις), *en trois hypostases indépendantes et en trois divinités, et ils prêchent, pour ainsi dire, trois dieux, et ils dissolvent la sainte unité en trois hypostases étrangères l'une à l'autre, qui sont absolument séparées l'une de l'autre* ». Tel était bien, en effet, le dilemme et voici comme Denys prétendait y échapper : « *Le Logos divin doit ne faire qu'un avec le Dieu de l'univers ; en Dieu également doit demeurer et habiter le Saint Esprit, et ainsi la Trinité divine doit s'enfermer et s'ajuster, comme en une pointe* (*j'entends le Dieu tout puissant de l'univers*), *en un tout* ». Il ajoutait qu'on ne pouvait, que par une erreur intolérable, considérer le Fils comme une créature et limiter son éternité, et il s'arrêtait à la conclusion que voici : « *On ne doit donc pas partager l'unité divine en trois divinités, ni diminuer la dignité et la grandeur immense du Seigneur; mais on doit croire au Dieu Père tout-puissant et à Jésus Christ, son Fils, et au Saint Esprit, à l'union du Logos avec le Dieu de l'univers; car il dit : « Moi et le Père ne sommes qu'un » et « Je suis dans le Père et le Père est en moi ». Et c'est ainsi que sera pleinement sauvegardée la Trinité divine et la sainte affirmation de la monarchie* ». Autrement dit, le meilleur moyen de concilier les contraires est de les adopter tous deux, sans les confronter ni les heurter; c'est ce que faisait, sans nul doute, la foi commune au temps de Denys et elle redoutait, comme lui-même, sans voir qu'elles étaient, en bonne logique, inévitables et qu'il fallait, pour rester raisonnable, choisir entre elles, les extrémités où le modalisme, d'une part, et la théologie des hypostases, de l'autre, poussaient leur partisans.

D'ailleurs, Denys d'Alexandrie ne manqua pas de répondre qu'on l'avait mal compris, en tirant de quelques-unes de ses

comparaisons et expressions, peut-être inconsidérées, des conclusions qu'il condamnait lui-même; il ne niait pas l'éternité du Fils; il ne niait pas qu'il fut consubstantiel au Père; si même il n'avait pas employé le mot consubstantiel (*homoousios*), comme on le lui reprochait, c'était seulement parce qu'il ne l'avait pas trouvé dans l'Écriture. Et il affirmait qu'il croyait fermement que le Père et le Fils étaient l'un dans l'autre et qu'ils étaient un, encore qu'ils fûssent deux, que le Saint Esprit n'était pas non plus séparé d'eux. « *Et c'est ainsi,* ajoutait-il, *que nous étendons en triade la monade indivisible et que la triade, qui ne peut pas être diminuée, nous la ramenons à la monade* ». Il était probablement sincère et les reproches de son confrère romain ne lui semblaient porter que sur quelques imprudences de langage, qu'excusait assez l'échauffement de sa polémique contre les modalistes; en mettant l'accent sur la distinction des personnes, il n'avait pas un instant songé à nier l'unité de Dieu. Mais, pas plus que l'évêque de Rome, il n'expliquait rien de ce qu'il professait; des images et des affirmations, c'est à quoi se réduisait toute sa démonstration, tout autant que celle des Romains. Le temps était venu où la pensée chrétienne ne pouvait plus se contenter d'une logomachie, pleine de piéges et d'équivoques, où l'avait acculée l'inévitable, mais imprudente réalisation de la formule baptismale, sous l'impulsion de la majoration de la foi touchant le Christ. Il suffisait aux simples, pour borner leur curiosité, d'apprendre que l'*œconomia* de la Divinité était un impénétrable mystère, mais les docteurs ne devaient pas, sans nier d'ailleurs qu'elle fût telle, renoncer à l'approfondir, et, sinon à l'expliquer, du moins à la formuler clairement.

Paris, Sorbonne.

CH. GUIGNEBERT

NOTA CRITICA - NOTE CRITIQUE
KRITISCHE NOTIZ - CRITICAL NOTE

L'ART ÉGYPTIEN COMME EXPRESSION DE LA SOCIÉTÉ ÉGYPTIENNE [1]

L'art n'est point un phénomène arbitraire; il est soumis à la loi générale du déterminisme. Loin de ne traduire que la fantaisie changeante de l'homme, l'évolution esthétique a ses règles rigoureuses, et peut être rattachée à des conditions et à des causes extérieures. L'art, en un mot, peut être objet de science.

De cette vérité, longtemps méconnue, les savants n'ont pris encore qu'une conscience partielle. Cette proposition, que l'art dépend du « milieu », s'entend presque toujours exclusivement du *milieu physique*. C'est bien ainsi que la concevaient les premiers théoriciens du déterminisme esthétique: l'abbé Dubos, dans ses *Réflexions sur la poésie et la peinture,* inaugurait en cette matière la théorie des climats, et c'est là encore le point de vue qui domine les œuvres les plus récentes. Depuis longtemps déjà, on a fait à l'art égyptien, comme à la religion égyptienne elle-même, une large application de cette thèse « naturiste ». De même que Max Müller avait cru montrer comment les religions de l'Orient traduisent les aspects de la nature, de même les historiens de l'art égyptien en ont marqué le rapport avec les conditions de la vie physique. Wilkinson déjà [2] l'avait noté fortement, et les récents ouvrages que nous signalons [3] viennent apporter à cette théorie des contributions ingénieuses.

Mais l'art, phénomène social, n'est-il point aussi dépendant du

[1] A propos de quelques ouvrages récents: W. FLINDERS PETRIE, *Arts and Crafts of ancient Egypt*, 1910; G. MASPERO, *Essais sur l'art égyptien* et *Histoire générale de l'art*, Égypte, 1912.

[2] *A popular Account of the Manners and Customs of the ancient Egyptians*, 1870, à la fin du tome II.

[3] V. F. PETRIE, *op. cit.*, notamment le chapitre I.

milieu social, et ne subit-il point l'influence de l'état des institutions économiques, juridiques et religieuses? C'est là une vue qui n'a pénétré dans la science que plus tardivement. La tentative faite par Karl Bücher dans son ouvrage *Arbeit und Rhythmus,* de rattacher le développement de la poésie et de la musique aux nécessités du travail, constitue presque la seule recherche d'ensemble qui procède nettement de ce point de vue. [1] Il nous paraît que l'art égyptien en manifeste très nettement la vérité, et que l'état présent de l'archéologie égyptienne permet dès aujourd'hui de marquer à grands traits les rapports qui unissent l'art de l'ancienne Égypte à sa vie économique, religieuse et juridique. Nous voudrions esquisser cette étude très synthétique, et tracer les principales directions dans lesquelles elle pourrait être utilement poursuivie par des spécialistes soucieux de l'utilisation théorique de leurs recherches.

Cette influence de la société sur l'art apparaît, nous semble-t-il, soit que l'on considère les *caractères généraux* de l'art de l'Égypte, soit que l'on tente d'expliquer les *caractères spéciaux* des différentes formes d'art.

I. Caractères généraux de l'art égyptien.

Les caractères généraux d'un art sont relatifs, soit aux *fins* qu'il se propose, soit aux *moyens* qu'il met en œuvre. Il faut connaître *pourquoi* l'artiste travaille et *comment* il travaille, quel est son but et comment il le réalise; saisir en un mot l'*esprit* de l'art, et en décrire la *technique.* A ces deux points de vue, l'art de l'ancienne Égypte présente des caractères d'ensemble très originaux.

I. Quant aux *fins* qu'il se propose, l'art égyptien est un art *utilitaire* et un art *religieux.* Il tend moins à la contemplation qu'à l'action; et c'est sur des puissances religieuses qu'il veut agir principalement.

a) L'art égyptien n'est pas un instrument de pure jouissance; c'est une méthode d'action pratique. Il ne se propose point la pure *expression* de sentiments ou d'idées, ni la pure *représentation* du réel; ce n'est, ni un art *idéaliste* comme l'art chrétien du Moyen-Age ou comme les arts musulmans d'Orient, ni un art *plastique* et sensuel comme celui de notre Renaissance classique. L'art égyptien a toujours un but utile: La destination du temple est de procurer aux hommes les faveurs des dieux et les bénéfices moraux et matériels qu'elles donnent; les peintures et les sculptures des

[1] V. néanmoins, dans un chapitre de notre petit ouvrage *L'économie politique et la sociologie*, 1910, l'indication de quelques travaux relatifs aux rapports de l'art avec l'économie et avec le droit.

tombeaux « ne sont jamais de la décoration pure »,[1] et tendent à donner aux morts et aux vivants eux-mêmes une existence plus haute, plus riche, plus aisée, en leur servant de guide dans ce monde et dans l'autre, en leur dictant leur conduite et en prévenant leurs erreurs. La musique sert surtout à régler les danses, à rythmer les marches, à ordonner les travaux;[2] elle n'est point du tout comme le chant grec une musique de lyrisme intérieur. Tout cet art est donc essentiellement « pragmatique »; ce n'est ni un art de *description* ni un art d'*expression,* mais un art d'*action.*

b) Ces réalités sur lesquelles il veut agir, ce sont les puissances religieuses; et ainsi, du caractère utilitaire de l'art égyptien procède directement son caractère *religieux.*[3] L'homme ne peut transformer la réalité à son bénéfice qu'en influençant les êtres religieux et les forces magiques; et c'est à quoi tendent toutes les manifestations de l'art de l'Égypte: concilier les puissances bonnes, combattre les puissances mauvaises. Le temple n'est que la demeure terrestre du dieu, où les hommes peuvent le trouver et l'utiliser à leurs fins. Les peintures du tombeau servent à éclairer les morts et les vivants sur leurs devoirs religieux, sur les dangers qui les attendent et sur les rites qui permettent d'en triompher. Elles sont aussi le moyen d'entretenir toujours dans sa vie mystique le « double » du défunt; la représentation des offrandes qu'il réclame est l'équivalent magique de ces offrandes elles-mêmes, et possède la même vertu. Les statues funéraires sont la demeure de l'âme, qui lui assure la nécessaire éternité.[4] La plupart des documents littéraires ne sont que des guides du monde des morts et des rituels du culte funéraire et divin. La musique elle-même est un moyen de puissance; la « voix juste » contraint les dieux, et le bruit du sistre éloigne les influences néfastes. L'art n'est ainsi qu'un des éléments de la religion et de la magie, un des procédés du culte, un système des rites efficaces. C'est une *technique,* et une technique *religieuse.*

Comment ces caractères, qui ne sont nullement spéciaux à l'art égyptien [5] pourraient-ils s'expliquer, sinon par un phénomène social qui est lui-même très général dans les sociétés du même type, et que M. Durkheim a mis en lumière:[6] à savoir la primauté de la

[1] FOUCART, *Histoire des religions et méthode comparative,* 1912, p. 54.

[2] Ainsi qu'en témoignent de nombreux bas-reliefs, et notamment ceux reproduits au frontispice du tome II du livre de Wilkinson, et à l'appendice de l'ouvrage de Bücher cités *supra.*

[3] Cf. G. FOUCART, *La religion et l'art dans l'Égypte ancienne,* « Revue des idées », novembre 1908.

[4] V. surtout à cet égard MASPERO, *Guide to the Cairo Museum,* 1910, p. 30-33.

[5] On les retrouverait plus ou moins dans les arts des sociétés très anciennes ou très primitives, comme l'ont montré Grosse, Hirn et Bücher.

[6] *De la division du travail social,* 2e éd., 1902, livre I.

religion dans les sociétés dites primitives? Tout est religieux à l'origine dans la vie sociale; et le caractère religieux de l'art n'est qu'une manifestation et comme un cas particulier de cet état de l'âme collective. Cela est vrai spécialement en Égypte. Les dieux y sont présents partout et toujours, et toute la vie sociale est réglée par eux et pour eux. Tout être et tout acte est donc religieux; toute institution sociale est un rite, toute fonction sociale est un sacerdoce. La royauté est une prêtrise et le roi une manière de dieu.[1] Le droit public et privé est tout entier religieux et magique;[2] le contrat nécessite un serment religieux; les crimes les plus graves sont des violations de la loi sacrée; les modes de preuve sont des opérations divinatoires. La langue écrite elle-même est rituelle et hiératique; et les pratiques de l'agriculture, de l'industrie, de la médecine sont pleines de recettes de magie. Tout converge en quelque sorte vers les fins religieuses, et tout se fait par des moyens religieux et magiques. L'art ne fait que subir cette loi générale, et ainsi c'est à une règle sociale très impérative qu'il doit son esprit et sa raison d'être.

II. Mais par quels *moyens* l'art égyptien réalise-t-il cette fin mystique? Si variable qu'en ait été la technique, il semble qu'elle ait toujours présenté deux traits essentiels: la *simplicité* des moyens, et le caractère *traditionnel* des procédés. Ce sont là les caractéristiques les plus apparentes de cet art qui frappent l'observateur dès le premier contact: c'est un art très simple et c'est un art très conventionnel.

a) La *simplicité* surtout n'a cessé d'y prédominer. L'architecture n'y a point la variété de formes et la richesse de détails de notre style gothique: elle est faite de grandes lignes et de plans très vastes; tandis que chacune de nos églises a son individualité et son originalité, tous les temples égyptiens ont la même structure, et présentent le même aspect. On sait aussi combien synthétique est la facture de l'art plastique: ses figures sont bien des expressions de la réalité, mais des expressions abstraites, audacieusement simplifiées. La musique enfin n'utilise guère que les voix, appuyées de quelques instruments très élémentaires[3] et elle ignore la polyphonie. Ce simplisme de l'art égyptien traduit évidemment des causes physiques, mais on y peut voir aussi la manifestation de certaines influences sociales. L'état de la technique des arts dépend étroitement de l'état des techniques industrielles.

[1] Cf. A. Moret, *Du caractère religieux de la royauté pharaonique*, 1902; J. G. Frazer, *Lectures on the early History of the Kingship*, 1904, et *Adonis, Attis, Osiris*, 1907, p. 378 sqq.

[2] Cf. Dareste, *Études d'histoire du droit*, 1889, p. 6 sqq.

[3] V. la description de ces instruments par Villoteau, *Mémoire sur la musique des Égyptiens* (*Description de l'Égypte*, tomes VI et VII).

D'autre part et surtout la fin religieuse que nous avons assignée à l'art égyptien nous fait comprendre ce parti-pris d'abstraction et de simplification dont il ne s'est jamais complètement émancipé. Il ne s'agit point tant de décrire fidèlement le détail de la réalité que d'en marquer les caractères essentiels par où elle intéresse l'action: toute l'affaire est de figurer les offrandes, d'indiquer les gestes, de distinguer les personnages; ce qui importe est donc le trait essentiel, l'attribut différentiel et non point le détail accidentel. Voilà pourquoi cet art n'est point, à strictement parler, réaliste; s'il part du réel, c'est pour le synthétiser et en exprimer l'essence.

b) Ce simplisme de la technique s'explique d'ailleurs aussi en quelque mesure par son *traditionalisme* même. Tout y est réglé par des conventions immuables; presque rien n'est laissé à l'originalité individuelle. Il n'est aucun art sans doute qui ait moins évolué. Le plan rituel du temple est resté identique à lui-même, dans ses données essentielles, durant quatre millénaires; [1] les « ordres » de chapiteaux ne subissent point non plus de modifications profondes; [2] ils demeurent peu nombreux et n'atteignent jamais à la riche variété et à l'originale fantaisie des chapiteaux romans et gothiques. Les conventions de couleur, de forme et de perspective qui dominent l'art plastique demeurent elles-mêmes inchangées; la « loi de frontalité » en est restée jusqu'à la fin le principe cardinal. Tout est figé et comme momifié dans cet art, et cela encore traduit un ensemble d'institutions et un système d'idées. L'art égyptien, disions-nous, est un art religieux; sa technique est un *corpus* de rites; ses gestes sont des devoirs religieux. Comment dès lors ses règles pourraient-elles changer, et comment concevoir qu'elles puissent être laissées à l'appréciation des individus? L'organisation de la société en castes, héréditaires en fait sinon en droit, vient encore renforcer cette tendance, en faisant de chaque métier d'art une profession fermée, dont la technique tend naturellement à s'immobiliser en se transmettant par l'hérédité. C'est donc parce qu'elle est une technique rituelle et une technique professionnelle que la « manière » de l'art égyptien s'est ainsi ossifiée; les concepts de la religion et les devoirs de la profession sont ainsi à la source même des caractères de l'art. Ils en expliquent le but, et ils en déterminent le style.

II. Formes de l'art égyptien.

A pénétrer dans le détail des œuvres, et à considérer les différentes formes d'art, l'effet des règles sociales n'apparaît pas moins

[1] V. Maspero, *L'archéologie égyptienne*, p. 64-87.
[2] Cf. notamment G. Foucart, *Histoire de l'ordre lotiforme*.

frappant. Il se manifeste dans l'*architecture* avec une particulière puissance; mais les *arts plastiques,* la *littérature* et la *musique* en portent aussi profondément la marque.

I. L'*architecture* de l'Égypte procède de certains principes qui tous supposent données certaines conditions sociales. — La *grandeur* massive des édifices n'était possible, comme le notait déjà l'historien arabe Ibn Khaldoun,[1] que dans une société très vaste, et par l'effort d'une population ouvrière très nombreuse; et celle-ci ne pouvait être mise en mouvement que par l'autorité toute-puissante d'une royauté absolue. Sans un certain état de population, et sans une certaine organisation politique, ces œuvres d'éternité eussent été inconcevables.[2] L'*ordre* qui apparaît dans tous les ouvrages de l'architecture sacrée n'est que l'expression d'impératifs rituels. La construction du temple était un acte religieux; les rites de fondation en étaient réglés par la caste sacerdotale, et toutes les dispositions intérieures de l'édifice trahissaient une même préoccupation mystique: le cortège des sphinx, la succession régulière des obélisques, des cours et des pylônes, la longue série des chambres aboutissant, par un rapetissement et un obscurcissement graduels, au naos habité par le dieu; toute cette lente progression par où l'homme atteignait enfin la divinité, avait une valeur hautement symbolique. — La *symétrie* des édifices religieux procède de notions du même ordre: le temple, image réduite de l'univers, est double comme lui, et tout s'y divise pareillement.[3] Le détail même de l'architecture pourrait s'expliquer peut-être aussi par ces mêmes concepts, et l'on a pu soutenir[4] que la colonne campaniforme et la colonne lotiforme, issues des symboles végétaux des divinités naturistes, avaient par cela même une puissance protectrice, et que ce serait là la cause essentielle de leur extraordinaire multiplication.

II. Les principaux des *arts plastiques,* la sculpture et la peinture, dépendent aussi, dans leur développement comme dans leur contenu même, des notions religieuses et des pratiques sociales. Nous avons noté déjà comment le très grand *nombre* des statues qu'a produites l'art égyptien n'est que l'effet des nécessités du culte. Il fallait au défunt une statue où son *kâ,* son double, pût avoir une demeure permanente; il fallait qu'il y trouvât aussi les offrandes

[1] *Prolégomènes historiques*, trad. fr., I, 359.

[2] M. H. SALADIN (*Manuel d'art musulman, architecture*, p. 20) explique comment chez les Musulmans d'Égypte l'instabilité du pouvoir et les croyances religieuses conduisaient au contraire à édifier des constructions menues et éphémères.

[3] Cf. MASPERO, *Archéologie égyptienne*, p. 94-95.

[4] LEFÉBURE, *Rites égyptiens, construction et protection des édifices*, 1890, p. 70 sqq.

de toutes sortes nécessaires à sa vie extra-terrestre, et les serviteurs, les « répondants », capables de travailler à sa place dans le royaume des morts; car l'« autre vie » était faite des mêmes peines et des mêmes joies que la vie présente et elle imposait les mêmes devoirs. Les statuettes tenaient lieu de tout cela, et presque tout l'art plastique de l'Égypte procède ainsi de son culte funéraire.

Mais la *variété* de ces productions plastiques frappe tout autant que leur nombre, et cela encore n'est point sans trouver dans les croyances et dans les institutions sa raison d'être. Dans ces tombes de toutes les époques, les statues de *dieux* humains et animaux sont innombrables; et comment serait-ce possible en dehors d'une religion aussi « personnaliste », qui concrétise et extériorise les puissances sacrées, dont les dieux sont des hommes, qui vivent de la vie des hommes, qui naissent, qui souffrent et qui meurent comme eux; et la statuaire en effet nous les montre fidèlement, hiérarchisés et spécialisés à l'infini, accomplissant leurs travaux et leurs luttes. On conçoit combien une religion si colorée et si complexe a pu enrichir la statuaire de même que le credo abstrait et impersonnel des Musulmans l'a tuée. Ces deux mille dieux de la théologie égyptienne, avec leurs formes étranges et leurs combinaisons infiniment variées, étaient une riche matière à créations plastiques sans cesse renouvelées. — Mais les *hommes* apparaissent aussi dans la statuaire égyptienne; chaque défunt a son image posthume, et ainsi nous devons à la religion funéraire un magnifique développement de l'art du portrait. Dans ces représentations, l'artiste s'efforce de reproduire exactement les traits individuels, et aussi de traduire naïvement les situations sociales; les bas-reliefs sont en quelque sorte l'expression graphique de la hiérarchie des rangs sociaux: la dimension même des figures marque aux yeux de tous les dignités respectives. Le roi y apparaît dominant de très haut ses sujets et ses ennemis; le mari éclipse sa femme, comme le père ses enfants; le maître dépasse orgueilleusement de la tête son esclave. Par ce seul trait, la plastique égyptienne apparaît comme l'attribut d'une société très hiérarchisée; la division des classes et l'ordre des fonctions s'y reflètent comme dans un fidèle miroir; l'œuvre du peintre et du sculpteur est comme une sociologie figurée. L'expression même des visages et des attitudes suffit à en faire foi; l'admirable statue du Pharaon Chephren au Musée du Caire ne fait-elle pas sentir profondément tout ce que la puissance royale avait d'écrasant et de terrible; et le scribe accroupi du Louvre n'est-il pas l'image parfaite de la soumission absolue?

III. La *littérature,* avons-nous dit déjà, répond en très grande partie aux mêmes besoins que la plastique; la plupart des documents littéraires sont des formulaires de culte, des légendes my-

thologiques et des codes de magie;[1] les inscriptions des temples et des tombeaux sont surtout des itinéraires de l'autre monde. La littérature profane elle-même, par son caractère hautement populaire et traditionnel, exprime les idées et les besoins du peuple en même temps qu'elle décrit fidèlement les mœurs et les institutions sociales.

IV. Est-il besoin enfin de montrer comment la *musique* sert beaucoup plus à des fins religieuses et magiques qu'à la pure jouissance sensuelle? Ce qui est vrai de presque toutes les sociétés très anciennes[2] l'est aussi de l'Égypte: la musique y est surtout une espèce de technique magique, douée d'une efficacité mystique: la « voix juste » est un gage de puissance religieuse et de pureté morale.[3] Même en tant qu'elle s'adapte à des fins profanes, aux nécessités du travail et aux conditions de la guerre, son action est de nature magique, et sa technique procède des canons de la magie. « Chez les anciens Égyptiens, les monuments figurés nous montrent un art musical constamment lié aux croyances de la magie, pénétré par la vie religieuse, guerrière, civile »,[4] de même que les Égyptiens d'aujourd'hui ne savent point rythmer les mouvements et coordonner les actions collectives sans le secours de leurs mélopées lentes et immuables comme eux-mêmes.[5]

⁂

De la double recherche dont nous venons d'esquisser les grandes lignes, il nous paraît ressortir que les causes sociales gouvernant les destinées de l'art égyptien sont très diverses et très complexes. A ces causes si variées l'art se rattache par des liens de nature pareillement très diverse. Les *effets* qu'elles produisent sur lui sont multiples. Elles en favorisent le *développement;* elles en déterminent les *fins;* elles en commandent les *moyens.* — L'*importance* même de l'art ne fait, avons-nous vu, que manifester un besoin qui prend sa source dans des concepts religieux: la fonction de l'art est religieuse, et c'est cela surtout qui en explique le riche développement. Le but même de l'art est tout entier en dehors de lui; point d'« art pour l'art » en Égypte, où tout répond à des sollicitations d'origine sociale. Et la *technique* de l'artiste n'est elle-même qu'un chapitre

[1] On en verra une petite étude sommaire dans *Guide to the Egyptian antiquities in the British Museum*, p. 58-75.

[2] V. COMBARIEU, *La musique et la magie*, 1909.

[3] Cf. MASPERO, *Histoire ancienne des peuples de l'Orient classique*, I, 84, 91, 124.

[4] J. CAMBRIEU, *La musique, ses lois, son évolution*, p. 186.

[5] V. les chants de travail de l'Égypte moderne notés par BÜCHER, *Arbeit und Rhythmus*, appendice.

du code de l'action religieuse et magique, un *corpus* de rites mystiquement efficaces. Rien donc dans l'art égyptien n'échappe à l'emprise des conditions de la vie collective. Comme l'art tient à tous les phénomènes sociaux, la société marque son empreinte sur tous les aspects de l'art.

Cairo, Khedivial School of Law.

RENÉ MAUNIER

RECENSIONI - COMPTES RENDUS
REFERATE - BOOK REVIEWS

JULES SAGERET - *Le système du monde des Chaldéens à Newton.* Un vol. in-16 (de la *Nouvelle Collection Scientifique*), de 280 pages, avec 20 figures. Félix Alcan, éd., Paris, 1913.

Classici delle scienze e della filosofia. Collezione diretta da Aldo Mieli e Erminio Troilo *(Classiques des sciences et de la philosophie.* Collection publiée sous la direction de A. Mieli et Erminio Troilo). Série scientifique, publiée sous la direction de A. Mieli. Società Tipografica Editrice Barese, Bari, 1914:

Vol. I: VANNOCCIO BIRINGUCCIO - *De la pirotechnia. V. I.* Edizione critica con note e introduzione di Aldo Mieli (*De la pyrotechnie. V. I.* Édition critique avec notes et introduction, par A. Mieli);

Vol. II: LAZZARO SPALLANZANI - *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei signori Nedham e Buffon (Essai d'observations microscopiques concernant le système de la génération de M. M. Nedham et Buffon)*, con prefazione e note di Gino de Rossi;

Vol. III: G. B. MORGAGNI - *Carteggio inedito di G. B. Morgagni con Giovanni Bianchi* [*Janus Plancus*] *(Correspondance inédite de G. B. Morgagni avec Giovanni Bianchi)*, con introduzione e note di Guglielmo Bilancioni e un discorso di A. Bignami.

L'ouvrage de M. Sageret, ouvrage qui fait partie de la *Nouvelle collection scientifique* publiée par la librairie Alcan, n'est pas, ainsi que le dit l'auteur lui-même, un livre d'histoire des sciences, mais un examen de la genèse des sciences. Le dessein primitif de l'auteur était de faire de ce volume une *genèse des sciences exactes;* mais ensuite « tant pour ne pas dépasser le cadre de cette collection que pour présenter un ensemble suffisamment lié dans ses parties », il s'est vu obligé de se borner à traiter la *genèse du système héliocentrique.* Et l'auteur affirme que, sauf en ce qui concerne la statique,[1] l'élimination ainsi réalisée se réduit à peu de chose. Il

[1] Pour ce qui touche à la statique, M. Sageret renvoie au livre de M. P. Duhem, *Les origines de la statique*, Paris, 1905-6.

est permis de faire les plus grandes réserves au sujet de ces affirmations de l'auteur et même de ne pas y adhérer du tout. La seule genèse du système héliocentrique ne peut former qu'une partie infime, bien que du plus vif intérêt, d'un examen général de la genèse des sciences exactes, et nous devons ajouter que le livre est effectivement limité à l'examen de cette seule partie, très intéressante, il est vrai, de l'astronomie. Les deux chapitres (pp. 5-44) qui traitent *de la géométrie empirique* et *de la genèse de la géométrie scientifique et des mathématiques,* outre qu'ils forment une ébauche incomplète et souvent d'une conception inexacte, introduisent dans l'économie du livre une perturbation qui eût pu être facilement évitée.

J'ai en revanche emporté une tout autre impression de la lecture du reste du volume comprenant les deux autres parties qui forment ensemble la presque totalité de l'ouvrage: *la genèse de la cosmologie et de l'astronomie* et *la genèse de la dynamique et du système héliocentrique.* Dans cette partie sont exposées avec logique et ampleur les différentes doctrines, et le lecteur y trouve vraiment une moisson d'idées et de faits.

Le développement des matières traitées n'est pas subordonné à un ordre rigoureusement chronologique. La deuxième partie commence en effet par l'exposé des cosmologies primitives et des cosmologies grecques, parmi lesquelles celles de Philolaos et d'Aristote occupent une place historique importante. Un examen détaillé des méthodes et du matériel astronomique primitif (annales, gnomone, polos, clepsidre, cadrans solaires) fournissent en outre d'utiles indications, surtout pour ceux qui ne sont pas spécialisés en astronomie. Vient ensuite l'examen du rôle que les éclipses ont joué dans l'histoire de l'astronomie, et cette partie se termine par une qualification spéciale de l'astronomie chaldéenne, considérée comme une astronomie des positions angulaires, et de l'astronomie grecque, dans laquelle l'auteur voit une astronomie des distances et des mécanismes.

La troisième partie décrit le passage de l'astronomie grecque à l'astronomie moderne. Après avoir repris l'examen des théories d'Aristarque, l'auteur cherche à définir dans quelle mesure Copernic, Tycho-Brahe et Kepler ont contribué à la formation de la nouvelle astronomie. Mais le nouveau système était étroitement lié à la création de la dynamique nouvelle. Sans cette création, dit l'auteur, le système de Copernic lui-même n'aurait fait qu'ajouter un nouveau mécanisme, sans doute plus simple, à ceux de Philolaos, d'Eudoxe, d'Aristote, de Ptolémée et de Tycho-Brahe. Il était donc nécessaire d'examiner à partir de sa base la dynamique aristotélienne, de nous faire assister à la chute de celle-ci, survenue à la suite de tout cet ensemble d'études qui atteignent leur point

culminant et leur synthèse avec Galilée et d'observer le complément que les doctrines du grand Toscan ont trouvé dans les concepts de force, de masse et de gravitation universelle qui ont reçu leur formule unique et définitive dans l'œuvre d'Isaac Newton. Avec l'établissement du système newtonien, l'astronomie achève une de ses plus grandes étapes, après laquelle se posent des problèmes nouveaux et différents. C'est sur ce point, un des plus lumineux de la pensée humaine, que se termine le livre de M. Sageret.

Dans l'ensemble le livre se lit facilement; bien fait, il est à la fois instructif et agréable. Parmi les sources citées, presque toutes exclusivement françaises, nous aurions voulu par justice distributive voir figurer l'œuvre grandiose de notre Giovanni Schiaparelli, dont les études sur l'histoire de l'astronomie et plus spécialement sur celle des précurseurs de Copernic sont à juste titre très répandues et connues chez nous et à l'étranger.[1] Dans son ensemble, le livre mérite d'être lu et consulté. Il décrit en peu de pages un développement très intéressant de la pensée; mais nous doutons, et cela pour la raison intrinsèque aux faits, qu'il réussisse à montrer ce que l'auteur indique à la fin du volume dans les termes suivants: « L'essai que j'achève aura, je l'espère, montré quelque chose de plus. On a suivi l'histoire des hommes tâtonnant dans l'obscurité pour trouver une porte qui s'ouvrît sur l'univers. Ils ont tâtonné longtemps et dans toutes les directions. Ces efforts, inutiles pendant des siècles, ne prouvent-ils pas qu'il n'y avait qu'une seule issue? La vérité scientifique, une telle expérience le confirme, et même la méthode scientifique ne sont pas le décret arbitraire de l'esprit humain; elles dépendent de quelque chose d'extérieur et qui s'impose à notre raison. Comment nier, dès lors, qu'elles mènent à la vérité sans épithètes? ».



Aux mois de septembre et d'octobre de cette année, la *Società Tipografica Editrice Barese* a fait paraître les trois premiers volumes de la série scientifique des *Classiques des sciences et de la philosophie*. Invité par la direction de « Scientia » à rendre brièvement compte des volumes compris dans la partie confiée à ma direction, j'avais longtemps hésité à accepter cette mission honorifique. Je

[1] *I precursori di Copernico*, « Mem. del Regio Istit. Lombardo », XII (1873). — *Le sfere omocentriche di Eudosso, di Callippo e di Aristotele*, id., XIII (1874). — *Origini del sistema planetario eliocentrico presso i Greci*, id., XVIII (1898). — *Studi cosmologici*, I, id., X (1864); II, id., XII (1873). *L'astronomia nell'antico testamento*, Milano (1903). — *I primordi dell'astronomia presso i Babilonesi*, « Scientia » N. VI (1908). — *I progressi dell'astronomia presso i Babilonesi*, id. N. VII (1908).

craignais d'une part qu'un compte rendu fait par moi ne fît croire que je voulais battre la grosse caisse en faveur de la publication que je dirige; et je comprenais, d'autre part, qu'en répondant à l'invitation de « Scientia » je pourrais exposer directement, et peut-être avec quelque avantage pour le lecteur, les idées directrices et le critère spécial qui m'avaient guidé dans le choix et dans le mode de présentation des œuvres publiées. J'avais là, jusqu'à un certain point, l'occasion de rappeler, plutôt que mon œuvre propre, celle de tant de grands esprits qui ont coopéré au développement et au progrès de la pensée et du savoir scientifiques. Pour toutes ces raisons, jai fini par consentir à faire la présentation des volumes de la partie scientifique, et j'espère le faire d'une façon objective et sereine.

La principale idée qui m'a guidé dans un premier choix des œuvres à préférer et à publier est celle de reproduire les ouvrages qui ont, aux époques les plus diverses, manifesté le mieux le caractère scientifique de leur temps et ont introduit soit dans la méthode, soit dans les faits étudiés, quelque chose de nouveau, ayant exercé une profonde influence sur les époques subséquentes. En quoi je crois avoir réussi d'une façon satisfaisante, en publiant le prospectus déjà répandu par la maison d'édition et dans lequel j'ai été obligé de tenir compte, en plus du critère que je viens d'exposer, d'une autre condition, non moins importante, celle de trouver quelqu'un pouvant et voulant se charger de l'édition elle-même. Un autre critère, subordonné au premier, qui a guidé mon choix, était de publier de préférence, mais non d'une façon exclusive, les ouvrages italiens qui, pour des raisons faciles à comprendre, n'ont pas trouvé place dans des publications étrangères analogues ou qui y occupent une place qui n'est en rapport ni avec leur nombre ni avec leur importance. J'ai cherché, d'une façon générale, à faire un choix tel que toutes les branches des sciences positives trouvent place dans cette collection, et j'y ai accueilli soit des ouvrages embrassant un champ très vaste, soit des monographies spéciales sur des questions importantes, soit enfin tous les ouvrages d'un caractère documentaire, susceptibles de nous révéler d'une façon exacte la vie, le caractère, la méthode et l'ambiance des savants les plus illustres. C'est ainsi que les trois premiers volumes qui viennent d'être publiés ont chacun une portée différente, bien qu'également considérable.

⁂

L'œuvre de Biringuccio (1480-1539) est une œuvre vaste et organique: elle forme le premier traité complet de chimie technique, de métallurgie, des arts des fusions et de tous les autres arts qui se servent du feu comme d'un élément essentiel à leur travail (d'où son titre: *De la pirotechnia*). Publié en 1540, après la mort de l'au-

teur, et d'une façon assez incorrecte, cet ouvrage n'en fut pas moins très répandu, eut beaucoup d'éditions et fut même traduit en français et en latin; mais il ne tarda pas à tomber dans l'oubli et, à l'exception des bibliophiles, il n'a été recherché, lu et étudié que par de rares personnes. Et, pourtant, l'œuvre de Biringuccio est d'une importance extrême; elle marque une étape des plus considérables et ouvre la voie à la science nouvelle. Antérieure aux œuvres plus importantes d'Agricola, elle ouvre et prépare la voie à celles-ci, en inaugurant l'étude systématique des minéraux, des minières, de la façon d'extraire et de traiter les matériaux bruts, d'amener les métaux et autres substances industrielles au dernier degré de pureté et de perfection. Elle marque encore un progrès inouï de la chimie qui s'affranchit du joug des autorités et des alchimistes et s'apprête à observer directement et à expérimenter, en se servant de méthodes nouvelles et en recourant plus particulièrement à l'usage systématique, si fécond, de la balance. Sous tous ces rapports, l'œuvre di Biringuccio marque un premier et complet triomphe de cette méthode expérimentale qui devait, au début du VIe siècle, renouveler de fond en comble toutes les sciences d'observation. Et l'œuvre de Biringuccio n'est pas moins importante pour l'histoire des arts et de la culture que pour celle de la chimie, de la minéralogie et de la métallurgie. Toutes les parties relatives aux fusions des bronzes et aux différents arts qui s'y rattachent nous donnent une idée exacte de cette époque si féconde et productive dans les arts plastiques, tandis que les parties qui traitent de la préparation et du maniement de l'artillerie et des poudres projettent une vive lumière sur les conditions où se trouvait alors l'art de la guerre, art qui peu auparavant, à la suite de l'introduction des armes à feu, avait précisément subi une de ses transformations les plus intimes et les plus profondes.

***

Plus restreint et limité est, au contraire, le champ qu'embrasse le *Saggio*, de Spallanzani (1729-1799). Mais, en revanche, de quelle importance pour la biologie entière et pour la philosophie générale! Un siècle ne s'était pas écoulé depuis que Francesco Redi avait démontré, avec ses *Esperienze sulla generazione degli insetti*, que la génération spontanée était inadmissible pour les animaux les plus petits alors connus et qui semblaient presque, comme par exemple les mouches, naître sans le concours de progéniteurs.[1] Et cepen-

[1] J'annonce avec plaisir que le IVe volume de cette collection, qui paraîtra dans le courant de l'année 1914, comprendra précisément la réimpression de ces *Esperienze* si importantes, sous la direction et avec les notes de M. Silvestro Baglioni.

dant on était de nouveau porté à admettre le même fait pour ces animaux minuscules que le microscope avait révélés dans les *infusions* et qui sont connus aujourd'hui sous le nom de microorganismes. Il a été donné à un autre Italien, à Spallanzani, de combattre et de réfuter, à l'aide d'expériences aussi précises que nouvelles, cette nouvelle opinion dans le *Saggio* qui vient d'être réimprimé et dans d'autres ouvrages qui ne tarderont pas à être publiés dans notre *Collection*. Outre la raison que nous venons de donner, ces travaux ont encore une importance capitale, parce qu'ils anticipent d'une façon admirable sur les expériences postérieures de Pasteur.

***

Le *Carteggio*, de Morgagni (1682-1771), appartient enfin à un autre genre de littérature, mais dont l'importance pour les études d'histoire des sciences est loin d'être négligeable. Le milieu, la vie, la pensée de ce grand médecin se révèlent à nous dans ces lettres écrites à un ami, illustre lui aussi, et nous permettent de faire revivre par la pensée un siècle si fécond pour les découvertes et la pratique médicales. Le fait que ces lettres n'ont encore jamais été éditées leur confère un intérêt spécial et les rend indispensables à tous ceux qui veulent connaître la vie de Morgagni et son siècle ou s'occupent de la nouvelle science si chaleureusement préconisée par Ostwald: la géniologie.

***

L'ampleur et la portée accordées aux préfaces et aux notes varient selon la nature du travail. Nécessairement plus concises pour le *Saggio* de Spallanzani, qui se rapporte à une question unique, elles acquièrent une extension plus grande pour le *Carteggio* de Morgagni, où il a fallu expliquer les différents noms cités, les divers sujets mentionnés et qui sont souvent en rapport avec les découvertes et les travaux de l'auteur, avec les expériences de sa pratique journalière et avec les vives discussions de son époque. Ce travail a été fait avec une rare compétence et beaucoup de soin par le Prof. G. Bilancioni, auquel nous devons plusieurs études consciencieuses sur l'histoire de la médecine.[1] Les notes occupent encore plus de place dans la *Pirotechnia*. Étant donnée en effet la

[1] Il n'est pas inutile de rappeler que M. le prof. A. Bignami a bien voulu faire précéder le *Carteggio* de Morgagni d'un beau discours où il relève l'importance de l'histoire des sciences et caractérise brièvement la grande figure de Morgagni.

nature de ce dernier traité, j'avais pensé qu'il devait satisfaire aux conditions suivantes: donner une idée exacte des connaissances de l'époque en chimie, en métallurgie, etc., de leur mode d'origine et des sources alors accessibles; relever ce que l'œuvre de Biringuccio apportait de nouveau sous ces rapports et les conséquences qui pouvaient en être tirées; confronter l'œuvre et les connaissances du Siennois avec celles de ses contemporains ou à peu près, et tout particulièrement avec celle du grand Georg Bauer, connu sous son nom latin d'Agricola. A cet effet, j'ai fait précéder le volume, en plus d'une notice sur la vie de l'auteur, d'un *Prologue* qui examine l'état de l'alchimie au commencement du XVI[e] siècle, le développement de quelques-unes de ces théories, et plus particulièrement de celles relatives aux essences des métaux; l'origine et le développement de la méthode expérimentale dans les sciences voisines de celles dont s'est occupé Biringuccio et enfin quelques travaux contemporains. J'espère n'avoir pas trop mal réussi dans cette partie et avoir facilité le travail du lecteur qui se propose d'examiner au point de vue historique et d'une façon complète l'œuvre du grand Siennois. Et j'espère encore avoir réduit au minimum les erreurs et imperfections qui peuvent se glisser si facilement dans des travaux qui embrassent un champ si vaste.

En terminant, il ne me reste qu'à souhaiter que le public fasse bon accueil à une publication qui, en faisant revivre les grandes œuvres du passé, se propose non seulement d'apporter une contribution des plus solides à l'histoire de la pensée scientifique, mais aussi d'aider à la compréhension et au progrès actuel de la science.

Roma, Università.

ALDO MIELI

JAMES THOMSON - *Collected Papers in Physics and Engineering (Recueil de mémoires sur la physique et l'art de l'ingénieur).* Mémoires choisis et arrangés par Sir Joseph Larmor et J. Thomson. Un vol. de CIV-484 pages. University Press, Cambridge, 1912.

Sir Joseph Larmor, qui a déjà bien mérité du monde scientifique par sa publication des *Mémoires scientifiques* de lord Kelvin, ajoute encore à l'obligation que nous lui devons en nous offrant, sous une forme facilement accessible, les produits de l'activité scientifique de James Thomson, le frère de lord Kelvin, non moins doué que lui. L'idée de réunir les œuvres de son frère, dont beaucoup se trouvaient disséminées dans des journaux locaux qu'il n'était pas facile de se procurer, a été sans cesse encouragée et favorisée par lord Kelvin, que de nombreuses occupations avaient toujours

empêché de prendre une part active à sa réalisation. Par les soins d'autres membres de la famille qui ont fourni des matériaux, du D.r J. I. Bottomley qui a écrit une notice nécrologique et un mémoire biographique détaillé, composé d'après les souvenirs oraux et personnels de sa fille, ainsi que d'après la correspondance d'un caractère scientifique que Thomson avait échangée avec son frère, avec Faraday, Maxwell, Andrews, Sorby et autres, la maison qui a déjà édité tant de précieuses collections de mémoires scientifiques a pu, avec le concours du D.r Larmor, publier aussi le recueil des mémoires de James Thomson. James Thomson et son frère William (plus tard lord Kelvin) étaient les fils distingués d'un père non moins distingué et descendaient d'une longue lignée de fermiers dont les ancêtres avaient quitté l'Écosse pour émigrer dans l'Irlande du Nord. Le père et les fils passaient une grande partie de leur vie dans les deux pays. Il est agréable de noter que l'aptitude scientifique, si manifeste chez tous les trois, ne s'est pas éteinte chez les membres de leur famille nés plus récemment. James Thomson naquit en 1822, deux ans avant William et prit en 1840 ses grades de M. A. en mathématiques et en philosophie naturelle à Glasgow, où son père avait été nommé plusieurs années auparavant professeur de mathématiques. Ayant exercé pendant quelque temps comme ingénieur-praticien, il avait aussi publié dans les journaux scientifiques plusieurs mémoires sur des questions de physique; mais, nommé en 1857 professeur de génie civil à Belfast, il renonça aux affaires pour se consacrer uniquement aux devoirs de son professorat. Après la mort de Rankine, en 1872, il a été appelé à lui succéder comme professeur de génie civil à Glasgow, situation qu'il occupa jusqu'en 1889, lorsque sa vue ayant faibli, il fut obligé de renoncer à son poste. Il mourut en 1892.

La principale caractéristique de l'esprit de James Thomson consiste dans la façon originale dont il envisageait les problèmes scientifiques et dans la singulière persistance qu'il mettait à méditer sur un ensemble d'idées, en les suivant jusque dans leurs moindres détails. Tandis que la nature plus impétueuse de lord Kelvin le poussait à la publication précoce d'ouvrages qui avaient besoin de fréquentes revisions, son frère aîné, plus prudent, ne laissait rien passer sans un examen approfondi et une démonstration complète.

Parmi les mémoires les plus importants publiés dans ce recueil, où il est question de mouvement de liquides, de congélation et de liquéfaction, de la continuité des états de la matière, de dynamique, de géologie, etc., la première place appartient certainement à son essai classique ayant trait à sa découverte cardinale de l'abaissement du point de congélation de l'eau par la pression, et celui relatif aux grands courants de la circulation atmosphérique,

celui-là étant une de ses publications de début, celui-ci ayant été composé pendant la dernière année de sa vie. *La considération théorique sur l'effet de la pression au point de vue de l'abaissement du point de congélation de l'eau* a paru en 1849: grâce à l'application du principe de Carnot, un phénomène physique absolument insoupçonné se trouvait découvert et prédit et le degré de l'abaissement du point de congélation était calculé. Le phénomène a été peu après attesté et confirmé expérimentalement par son frère. Dans le même mémoire, réimprimé l'année suivante, l'auteur, revenant sur son jugement relatif au « premier principe de Carnot », l'établissait et décrivait son cycle dans des termes soigneusement choisis, de façon à en exclure l'affirmation de la théorie matérielle de la chaleur. La découverte de la « regélation », par Faraday, et la plasticité de la glace démontrée par Forbes y étaient également expliquées d'après des principes analogues. Dans plus d'un de ses mémoires relatifs au mouvement des liquides, il a fait œuvre de pionnier et bien que des développements plus récents aient parfois ouvert plus largement les domaines qu'il avait cultivés, ces mémoires sont loin de renfermer des choses désuètes et présentent toujours un intérêt qui n'est pas seulement historique. Son mémoire sur la *Pompe à lance* a provoqué l'étude des pompes de ce genre sur une plus vaste échelle, tandis que, dans ses recherches sur la sécurité et les dangers dans les constructions du génie, il réclamait une amélioration des méthodes d'épreuve, « illogiques et incertaines », en usage jusqu'alors, et on peut dire que c'est depuis la publication de ce mémoire que la pratique du génie, au sens le meilleur du mot, avait commencé à subir une réforme aussi heureuse que radicale. Dans sa note sur la *Vena contracta,* il donna une correspondance intéressante entre Newton et Cotes. Mais de tous les mémoires que renferme ce volume, celui qui présente peut-être le plus grand intérêt scientifique est le mémoire sur les grands courants de la circulation atmosphérique, contenant ses conclusions sur une question qui avait hanté son esprit pendant beaucoup d'années de sa vie. Il avait commencé de bonne heure à s'intéresser à la question des vents alizés; mais il trouva si peu satisfaisantes les informations et les théories qu'il avait étudiées sur ce sujet qu'il finit par former une théorie à lui, et exposa cette théorie en 1857 devant la British Association. S'étant entre-temps intéressé à d'autres questions, ce ne fut que vers la fin de sa vie, alors qu'une cécité partielle l'avait obligé de renoncer au professorat, qu'il se remit à l'œuvre et composa, avec l'aide de sa femme et de sa fille, cet important mémoire. Il y donne une esquisse historique des progrès de la théorie et de l'observation relatives à la nature et aux causes des vents alizés et d'autres grands courants permanents de la circulation atmosphérique. Des théories

antérieures, depuis celle de Hadley (que Thomson considérait comme étant encore en grande partie vraie dans ses traits essentiels) jusqu'à celles, plus récentes, de Maury, Piddington et plus particulièrement celle de Ferrel, y sont discutées et leurs mérites reconnus avec une grande impartialité. Après certains amendements et corrections, les derniers résultats obtenus par Ferrel apparaissent comme coïncidant dans leurs points essentiels avec ceux de Thomson, bien que celui-ci prétende que ces changements résultant de l'incorporation dans la théorie de Ferrel des « principaux traits de la mienne » ont été faits avec une compétence insuffisante. La place limitée dont nous disposons doit être considérée comme une excuse du caractère fragmentaire de notre analyse de ce volume extrêmement intéressant, mais nous croyons avoir assez dit pour faire ressortir les pensées directrices et la nature compréhensive de l'œuvre de Thomson. Et au risque peut-être de dépasser le cadre de ce compte rendu, nous citerons ces paroles de Thomson, intéressantes en ce qu'elles résument son attitude intellectuelle non seulement à l'égard de questions scientifiques, mais aussi à l'égard d'autres sujets, attitude consistant à ne pas accepter avec une foi irréfléchie les enseignements de son enfance: « Je crois en un seul Dieu, le Créateur, le Préservateur et le Gouverneur de tous les autres êtres, et je crois qu'il ne nous a pas *donné, pendant que nous sommes dans ce monde, d'autre révélation de lui-même* que celle qui se trouve dans ses œuvres admirables et dans les idées qu'il a implantées dans nos esprits ou, plutôt, pour la réception desquelles il a adapté nos esprits » (lettre à R. Douglas). Quelque temps avant la mort de son père, il avait senti que *sa raison l'obligeait* à rejeter beaucoup de ce qu'il avait considéré jusqu'alors comme essentiel pour la foi dans laquelle il est né, et il n'a fait aucune tentative de dissimulation ou de tergiversation.

Walthamstow.

† F. W. HENKEL

« Prace matematyczno-fizyczne » (Mémoires mathématico-physiques). Journal rédigé par S. Dickstein. Tome XXIV, dédié à la mémoire d'Auguste Witkowski. Un vol. in-8, de 442 pages, Varsovie, 1913.

Nous sommes, depuis une vingtaine d'années, témoins d'un développement, vraiment surprenant, de la physique. Des découvertes importantes, intéressant tout le monde, conduisent à des théories qui bouleversent les principes classiques de l'ancienne physique. Beaucoup de ces théories ont déjà pris une forme, on peut le dire, définitive. C'est pourquoi on ne peut qu'applaudir à l'idée

que des physiciens polonais ont conçue, il y a quelques années, de publier, à l'occasion du 25ème anniversaire de professorat d'Auguste Witkowski, un recueil de rapports sur diverses théories modernes de la physique. La mort prématurée de ce savant éminent, qui fut un professeur incomparable et dont nous avons analysé, dans cette Revue, un bel ouvrage, qui a été malheureusement son dernier, a plongé dans le deuil la science polonaise. La Rédaction des « Prace matematyczno-fizyczne », en publiant maintenant le premier volume du Recueil, le consacre avec douleur à sa mémoire.

La série de neuf travaux dont se compose le volume commence par le mémoire de M. L. Natanson: *Principes de la théorie du rayonnement.* On sait que cette théorie est — à côté de la théorie de la relativité — celle qui est la plus actuelle en ce moment. L'auteur, qui a publié une série de mémoires sur ce sujet, déclare qu'il n'a voulu écrire qu'une introduction élémentaire. Nous pensons cependant qu'à côté du livre fondamental de Planck, le travail de M. Natanson devrait être lu par quiconque s'occupe de cette théorie, et il serait seulement à désirer qu'il en fît un livre.

L'auteur traite d'abord des idées fondamentales de la théorie et des lois de Kirchhoff. Certains doutes mathématiques qu'on pouvait avoir en ce qui concerne la déduction de ces lois, ont été dernièrement levés, dans un travail postérieur au rapport, par Hilbert. On trouve ensuite exposée la thermodynamique de l'espace vide, les lois de Boltzmann et Wien, puis la théorie des oscillateurs de Planck et sa « première loi du rayonnement », qui donne le rapport de l'intensité du rayonnement à l'énergie des vibrateurs correspondants. Puis l'auteur expose d'une manière très intéressante la théorie du partage égal de l'énergie. Il conclut que « la concordance des résultats trouvés au moyen de la mécanique statistique, aussi bien qu'au moyen de la théorie électromagnétique, et leur désaccord complet avec les résultats expérimentaux, caractérisent l'état actuel de la théorie du rayonnement. Nous rencontrons une difficulté fondamentale qu'on ne pourra vaincre qu'en élargissant les hypothèses de la théorie ».

Après avoir exposé la seconde loi de Planck et sa célèbre formule du rayonnement, l'auteur rapporte ses propres recherches sur la distribution de l'énergie dans les corps. Il met en évidence le rapport qui existe entre la théorie moléculaire (d'Einstein) des corps solides et la théorie de Planck. Il parle, enfin, des résultats expérimentaux.

Au travail de M. Natanson fait suite le rapport de M. T. Godlewski: *Sur les propriétés radioactives de l'actinium.* Ce corps, trouvé par Debierne, a été l'objet des recherches de l'auteur, qui en a déduit un corps nouveau: l'actinium X (Ac X). L'auteur rapporte les recherches sur la transformation de l'actinium, sur les propriétés

de l'émanation, recherches dues à Rutheford, à l'auteur et à d'autres, et parle enfin des rapports, encore bien inconnus, de l'actinium et du radium.

M. Cz. Białobrzeski publie un rapport sur les *Théories des diélectriques solides*. Il traite des anomalies de ces diélectriques, du courant anormal et d'autres, en exposant les deux théories de ces phénomènes. La théorie de Pellat attribue la cause des propriétés anormales à la constante diélectrique, celle de Maxwell à la conductibilité, due à la constitution des diélectriques. L'auteur étudie cette constitution, les lois du courant anormal et celles du courant anormal de ionisation.

M. W. Broniewski publie un rapport: *Sur les propriétés électriques des alliages d'aluminium,* dont les résultats ont été couronnés par l'Académie des Sciences de Paris. Aux méthodes chimiques et micrographiques dans l'étude des alliages est venue se joindre la méthode électrique, qui utilise les propriétés suivantes des alliages: résistance d'Ohm, les propriétés thermoélectriques et la force électromotrice. M. Broniewski a étudié les alliages de l'aluminium avec le zinc, l'étain, le bismuth, le magnésium, l'argent, le cuivre, puis avec le fer, le manganium et le nickel; et il met en évidence les résultats au moyen de beaucoup de diagrammes, de tableaux numériques et de reproductions photographiques.

Le travail de M. F. Estreicher est intitulé: *Sur la calorimétrie dans les basses températures.* C'est un exposé des recherches de Regnault, de celles de Witkowski sur la chaleur spécifique de l'air dans les basses températures, d'un grand nombre d'autres savants et de l'auteur lui-même. Cette branche de la physique expérimentale est devenue singulièrement importante depuis les travaux de Einstein et de Nernst sur des questions capitales de la théorie de la chaleur, travaux qui ont provoqué les expériences de Nernst et Eucken sur la chaleur spécifique.

L'auteur expose enfin l'histoire des expériences sur la chaleur de liquéfaction et de vaporisation dans les basses températures.

M. Z. Thullie étudie: *Les champs moléculaires et leur signification dans la théorie du magnétisme et dans l'optique.* Il expose le contenu des travaux de Langevin, P. Curie, les idées de Weiss sur les magnétons et les expériences qui conduisent à les admettre, puis la théorie de Gans. La théorie des champs moléculaires de Weiss est confirmée par les travaux de Ritz sur l'émission des lignes spectrales, dont l'auteur donne un aperçu.

M. St. Kreutz nous fait connaître l'état actuel des recherches *Sur la relation entre les propriétés optiques des cristaux mixtes et leur composition chimique.* Il s'agit de trouver la dépendance des propriétés optiques des cristaux mixtes des propriétés optiques des composants. On possède deux théories de ces phénomènes, à savoir

celle de Mallard et celle de Pockels, qui est née, elle aussi, d'une idée de Mallard. M. Kreutz expose les résultats des recherches d'autres auteurs et des siennes propres sur les mélanges de sels de Saignette: sel de kalium et sel d'amonium, et sur l'alstonite; puis il parle de ses travaux, dans lesquels il s'est occupé de trouver la composition des cristaux mixtes en partant des propriétés optiques.

Les deux derniers rapports sont ceux de M. C. Zakrzewski: *Sur la dispersion et l'extinction de la lumière dans les métaux,* et de M. N. Cybulski: *L'électricité animale. Les courants de repos et d'action. (Un modèle des courants d'action dans les muscles).*

M. Zakrzewski expose les moyens de trouver les deux grandeurs, dont dépendent les propriétés optiques des métaux, à savoir le coefficient de réfraction et le coefficient d'extinction, au moyen de l'analyseur elliptique de Zehnder, de Brace, de Kraft et Zakrzewski. Il donne ensuite des tables numériques étendues, contenant beaucoup de métaux. Il expose enfin les théories optiques des métaux, celles de Maxwell, de Drude et de Lorentz, auxquelles s'ajoutent ses propres recherches, puis il les compare avec les données de l'expérience.

M. Cybulski nous fait connaître l'état actuel des recherches sur l'électricité animale. Les expériences célèbres de E. du-Bois Reymond ont été expliquées théoriquement par Hermann. Puis Ostwald a donné une explication au moyen de certaines hypothèses. L'auteur a confirmé cette explication et il a montré, en construisant un modèle, que l'on peut regarder le muscle comme un élément électrique à liquides et asymétrique. Ces expériences ont été reprises par des savants allemands. L'auteur commente ensuite les courants d'action au moyen des changements chimiques, qui influencent les mouvements des ions.

Voilà le riche contenu des mémoires, bien écrits, pour la plupart. M. Dickstein mérite un éloge particulier pour avoir apporté tous ses soins à la publication de l'ouvrage. Nous avons tout le droit d'attendre avec impatience l'apparition du second volume du recueil.

Krakowie.

ALFRED ROSENBLATT

J. STARK – *Prinzipien der Atomdynamik.* 1. Teil: *Die elektrischen Quanten* (x u. 124 Seiten). 2. Teil: *Die elementare Strahlung* (xv u. 286 Seiten). *(Principes de la dynamique atomique.* 1ère partie: *Les quanta électriques;* 2ème partie: *La radiation élémentaire).* In-8, Verlag von S. Hirzel, Leipzig, 1910-11.

Dans les « Principes de la dynamique atomique », de Stark, nous trouvons la première tentative de donner un exposé systématique des

nombreuses recherches qui ont contribué à nous faire connaître l'atome et les rapports entre l'atome et le champ électro-magnétique qui l'entoure; et on doit convenir que cette tentative est des plus réussies. Dans un problème aussi peu connu et aussi peu accessible à l'expérimentation directe que celui que nous offre l'examen de l'atome, un essai d'élaboration systématique des matériaux existants ne peut se faire sans l'aide de toute une série d'hypothèses plus ou moins osées; et l'auteur fait observer lui-même à ce propos qu'en formulant ces hypothèses, on ne doit pas se préoccuper outre mesure de la question de savoir si elles seront à même de se maintenir en présence de nouvelles connaissances, mais qu'on n'en doit pas moins s'imposer la tâche d'imaginer et d'exécuter des expériences destinées à éprouver ces hypothèses.

L'ouvrage de M. Stark se présente en effet comme le point de départ de nombreuses recherches nouvelles. Il est écrit, en outre, d'une façon très élégante et vivante et, malgré sa difficulté, le sujet est exposé avec une simplicité et une intelligibilité de nature à susciter au plus haut degré l'intérêt du physicien et du chimiste, de sorte qu'en le lisant avec un peu d'attention, le profane lui-même n'y trouvera aucune difficulté et pourra se faire une idée synthétique des processus ayant leur siège dans la molécule et dans l'atome et de la structure de ceux-ci. Le problème ne se prête pas encore à une conception mathématique, ce qui rend le livre de M. Stark d'autant plus accessible à ceux qui sont peu familiarisés avec les mathématiques supérieures.

Voyons maintenant la façon dont M. Stark s'acquitte de sa tâche. Le livre comprend trois parties, dont les deux premières seulement (« Les Quanta électriques ; La radiation élémentaire ») ont paru. Dans la première partie l'auteur développe la notion de l'*individu physique,* en rapport avec celle du *médium,* et fait ressortir la nécessité d'appliquer à l'examen des propriétés des *atomes* un mode d'interprétation autre que celui emprunté à la dynamique du médium. Se basant sur les connaissances acquises, il admet que l'atome (et, par conséquent, la molécule) se compose d'un certain nombre d'individus, les archions, qui possèdent une charge électrique analogue à celle du quantum élémentaire positif et dont la masse, encombrée de cette charge, ne peut être diminuée, sans que l'individu cesse d'exister. La charge positive de l'archion est neutralisée par la charge négative soit de l'électron qui lui est rattaché, qui conditionne ses combinaisons chimiques et dont il peut être séparé (électron de valence), soit de l'électron qui se trouve à l'intérieur de l'archion et ne peut en être séparé.

Après s'être occupé des quanta électriques (structure atomique de la charge électrique et des médiums électro-dynamiques, quanta électriques libres), l'auteur analyse l'énergie et la structure du champ

électro-magnétique stationnaire et formule cette conclusion que l'énergie aussi bien du volume extérieur que du volume intérieur possède une structure discontinue.

L'examen du rayonnement élémentaire (2ème partie), c'est-à-dire du processus élémentaire d'émission et d'absorption d'énergie lumineuse par le champ électro-magnétique élémentaire de quanta isolés et l'examen de la structure du rayonnement émis et absorbé par un agrégat de quanta, se groupent autour des notions des spectres de séries et des spectres de bandes. Cette façon de faire se trouve justifiée aussi bien par l'expérience que par l'hypothèse heuristique, concernant la constitution de l'atome et de la molécule, sur laquelle est basé l'exposé de Stark.

C'est l'atome isolé ou la molécule composée de plusieurs atomes qu'on doit considérer comme porteur du spectre de *bande;* le siège du spectre sur ce porteur est constitué par le champ électro-magnétique situé entre un électron de valence et une ou plusieurs sphères positives. On doit au contraire considérer comme un oscillateur élémentaire d'un spectre de *série* celui ou ceux des archions auxquels on a soustrait l'électron de valence neutralisant.

Le volume se compose de cinq chapitres, intitulés: 1. Principes du rayonnement électro-magnétique; 2. Caractéristique structurale des fréquences optiques; 3. Le porteur élémentaire et le siège du spectre; 4. La transformation élémentaire de l'énergie lumineuse; 5. Structure de l'énergie lumineuse élémentaire. Les chapitres 2, 3 et 4 présentent à leur tour des subdivisions: spectre de bande, spectre de série, variétés particulières de fréquences optiques (rayons de Röntgen). Dans toutes les parties de son livre et, naturellement, surtout dans le chapitre 4, l'auteur fait un large usage de conséquences qui se laissent tirer de la théorie du rayonnement fondée par Planck.

En ce qui concerne enfin le 3ème volume des « Principes de la dynamique atomique », qui doit paraître ultérieurement, il traitera, ainsi que M. Stark nous l'annonce dans la préface du 1er volume, de l'électricité dans l'atome chimique, c'est-à-dire de la formation des atomes chimiques à l'aide de quanta positifs et négatifs, de la structure des champs électro-magnétiques à la surface des atomes chimiques et de leurs forces réciproques aussi bien à l'état de molécule qu'à l'état d'agrégat.

Clausthal i. H., Bergakademie.

S. VALENTINER

ERNST COHEN - *Jacobus Henricus van't Hoff, sein Leben und Wirken (J. H. van't Hoff, sa vie et ses travaux).* Studien zur Biologie des Genies, herausgegeben von Wilhelm Ostwald, 3. Band. xv-638 Seiten mit 2 Gravüren und 90 Abbildungen im Text. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig, 1912.

W. P. JORISSEN und L. TH. REICHER - *J. H. van't Hoffs Amsterdamer Periode 1877-1895 (La période amsterdamoise de la vie de van't Hoff).* 106 Seiten mit vielen Abbildungen. Verlag von C. de Boer jr., Helder (Holland), 1912.

J. H. VAN'T HOFF - *Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stassfurter Salzlagers (Recherches sur les conditions de formation des dépôts salins océaniques, et plus particulièrement du dépôt salin de Stassfurt).* Herausgegeben von H. Precht und Ernst Cohen. Mit einer Gedächtnissrede auf van't Hoff von Emil Fischer. xx-374 Seiten mit 8 Tafeln und 39 Abbildungen im Text. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig, 1912.

Le rôle considérable que Jacques Henri van't Hoff avait joué dans le développement des sciences naturelles exactes a été, aussitôt après la mort prématurée du grand savant, exposé en détail dans cette Revue même (« Scientia », Vol. 10, pp. 55-83) par un de ses élèves et amis, M. Giuseppe Bruni. Il serait donc superflu de s'étendre ici une fois de plus sur les grands services que van't Hoff a rendus à la science. M. Ernst Cohen, auquel nous devons la biographie, dont le titre figure en tête de ce compte rendu, a été également un ami et un élève de van't Hoff, et comme il avait vécu avec son maître dans une intimité plus grande que tous ses autres collègues, il était plus qualifié que personne pour entreprendre ce travail biographique.

C'est une tâche difficile que d'écrire la biographie d'un savant, car elle exige de celui qui veut la mener à bien non seulement le don littéraire indispensable, non seulement des connaissances spéciales sans lesquelles il serait incapable d'apprécier les travaux du savant: elle exige encore (et cette dernière condition du succès se trouve rarement remplie) la connaissance exacte de la personnalité, connaissance qui ne peut être acquise que par un commerce intime. M. Cohen était à même de satisfaire à toutes ces conditions à la fois. Élève enthousiaste, en même temps qu'ami intime de van't Hoff, il a pu donner de celui-ci un portrait exact et complet, en mettant également en relief l'homme et le savant. Mais M. Cohen a encore donné plus que cela: grâce aux connaissances variées de l'auteur, sa biographie de van't Hoff ne retrace pas seulement une époque de l'histoire de la chimie, mais une époque de l'histoire de notre civilisation, et elle sera pour cette raison lue avec intérêt même par les naturalistes plus ou moins étrangers à la chimie.

***

Le petit ouvrage sans prétentions que M. Jorissen et Reicher, élèves et amis de van't Hoff, ont consacré au maître, vient compléter heureusement la grande biographie que nous devons à M. Cohen. A tous ceux qui s'intéressent à la période amsterdamoise, particulièrement féconde, de la vie de van't Hoff, ce livre apporte des renseignements instructifs, enrichis de nombreuses illustrations. Nous le citons ici comme un nouveau et beau témoignage du culte que les élèves de van't Hoff ont voué à leur maître.

***

Lorsque, à la suite de son invitation à Berlin, van't Hoff se fut trouvé affranchi de toute obligation officielle et dans l'heureuse situation de pouvoir se consacrer exclusivement aux intérêts scientifiques, il choisit comme objet de ses travaux l'importante recherche systématique des conditions dans lesquelles ont pu se former les dépôts salins naturels, et plus particulièrement le grand dépôt qui s'étend sous la plaine de l'Allemagne du Nord. A la suite de travaux ayant duré plusieurs années, il a pu établir, en collaboration avec un certain nombre de ses élèves, quelles sont les substances chimiques qui, dans différentes conditions expérimentales, se dégagent lors de l'évaporation de solutions salines qui contiennent, outre les ions de sodium et de chlore, les ions de potassium, de magnésium, d'acide sulfurique et quelques autres encore. En confrontant les substances salines qu'il a obtenues dans les différentes conditions expérimentales avec les minéraux salins naturels, il a pu se faire une idée des circonstances dans lesquelles se sont formés les dépôts salins naturels. Cette idée n'est pas encore tout à fait exacte, le problème étant trop vaste et présentant un tableau trop varié; mais elle sera certainement complétée par les travaux ultérieurs que l'Association pour la recherche scientifique des dépôts salins potassiques a entrepris d'après les méthodes de van't Hoff.

Les travaux de van't Hoff sur les dépôts salins sont, d'un côté. d'un grand intérêt pour le chimiste, auquel ils font connaître l'existence de beaucoup de sels importants et fournissent beaucoup d'informations d'ordre scientifique et technique; et, d'un autre côté, ils ne sont pas moins importants pour le minéralogiste et le géologue auxquels ils montrent, sur l'exemple d'un minéral important, comment la recherche physico-chimique systématique peut contribuer à l'élucidation de problèmes de la minéralogie et de la géologie historiques.

Clausthal i. H., Bergakademie.

WERNER MECKLENBURG

A. WAGNER - *Vorlesungen über vergleichende Tier- und Pflanzenkunde (Leçons sur la zoologie et la botanique comparée).* Un vol. de VII-518 pages. W. Engelmann, éd., Leipzig, 1912.

K. KRAEPELIN - *Einführung in die Biologie (Introduction à la biologie).* Dritte, verbesserte Auflage. Un vol. de VIII-356 pages, avec 5 planches et 344 figures. B. G. Teubner, éd., Leipzig, 1912.

O. MAAS und O. RENNER - *Einführung in die Biologie (Introduction à la biologie).* Un vol. de IX-394 pages, avec 197 figures. R. Oldenbourg, éd., München und Berlin.

F. HOUSSAY - *Forme, Puissance et Stabilité des Poissons.* « Collection de morphologie dynamique », N. IV. Un vol. de 372 pages, avec 117 fig. A. Hermann et Fils, éd., Paris, 1912.

E. SCHULTZ - *Prinzipien der rationellen vergleichenden Embryologie (Principes de l'embryologie rationnelle comparée).* Un vol. de x-233 pages. W. Engelmann, éd., Leipzig, 1910.

E. LÉVY - *Le problème biologique.* Un vol. de 297 pages. Perrin & Cie, éd., Paris, 1913.

On peut constater, depuis quelque temps, dans le domaine de la biologie, un fort courant de réaction contre la conception mécaniste du siècle dernier, et la conversion à un vitalisme plus ou moins prononcé semble se produire avec une rapidité inattendue et peut-être dangereuse. Les livres de MM. A. Wagner, E. Schultz et E. Lévy, dont nous rendons compte plus bas, représentent, chacun à sa façon, des exemples typiques du changement qui est en train de se produire. A ces ouvrages nous en avons ajouté trois autres qui, sans être vitalistes par leur tendance, ne s'en rattachent pas moins très étroitement, par leur préoccupation du grand fait de l'adaptation, au problème vitaliste.



Présenter l'organisme dans toute sa vivante unité, comme un être essentiellement actif, qui cherche à tirer de la vie le plus possible, en faisant le meilleur et le plus savant usage des moyens dont il dispose; décrire les voies variées par lesquelles l'être vivant atteint ce but, en inventant des moyens ingénieux et des adaptations prescientes; mettre en évidence l'identité essentielle qui existe, sous ce rapport fondamental, entre les animaux et les plantes; tels sont quelques-uns des sujets que M. Wagner s'est proposé de traiter dans ces leçons. La façon dont il les traite est simple et adaptée aux besoins de l'étudiant ordinaire. Le but de M. Wagner a été de produire une réelle « Biologie » ou un exposé de la vie des organismes en général; et s'il se maintient peut-être un peu trop dans les généralités et accorde une place trop grande à la vie des plantes, au détriment de la partie zoologique, son livre n'en est pas moins d'une tendance des plus excellentes et salutaires.

Il se présente sous la forme d'une Physiologie Comparée, avec des chapitres sur le métabolisme, la respiration, les sens spéciaux des animaux et des plantes, etc. Il diffère des manuels ordinaires de physiologie générale en ce qu'il insiste sur la nature téléologique des fonctions et des organes, sur leur signification pour l'organisme dans son ensemble; qu'il ne perd jamais de vue ce fait cardinal que toutes les activités de l'être vivant sont coordonnées et adaptées en vue de l'ensemble; qu'il met en évidence, en l'illustrant d'une façon des plus compétentes, l'immense importance du pouvoir d'adaptation fonctionnelle inhérent à tout organisme (et plus spécialement à la plante). Nous devons signaler, comme particulièrement bien fait, l'exposé très documenté que l'auteur nous présente des réactions des plantes aux stimuli, de la vie « psychique » des plantes.

M. Wagner est un vitaliste enthousiaste et considère la biologie matérialiste comme un système tout à fait artificiel et dogmatique. Il s'applique à adopter, en face des problèmes de la vie, une attitude plus simple et plus directe; il cherche à décrire les objets vivants et leurs activités tels qu'ils sont réellement et à édifier une philosophie biologique complètement indépendante des principes des sciences inorganiques. Ce but suffit à lui attirer notre plus chaude sympathie. Nous ne ferons toutefois qu'une observation. Il nous semble que M. Wagner prend la biologie matérialiste trop au sérieux et qu'il est porté à oublier qu'elle ne constitue après tout qu'un épisode dans l'histoire de la science.

La théorie classique, sinon invariablement orthodoxe, de la biologie a toujours été vitaliste, depuis Aristote jusqu'à von Baer, et de nos jours elle est en train de le redevenir rapidement. Il est curieux de noter à ce propos que les chapitres IV et V du livre de M. Wagner auraient pu être inspirés par la partie générale des « Leçons d'Anatomie Comparée », de Cuvier (1800).

La forme particulière que revêt le vitalisme de M. Wagner se rapproche sur beaucoup de points de celui des psycho-biologistes tels que Pauly et Kohnstamm. M. Wagner considère qu'un facteur psychique intervient dans toutes les régulations organiques, même chez les organismes les plus inférieurs, que les activités organiques ne sont pas entièrement déterminées par des conditions physiques. Cette manière de voir est développée avec beaucoup de force et de clarté dans les chapitres qui forment la conclusion du livre. Bien que susceptible de soulever des controverses, sa thèse mérite d'être prise en très sérieuse considération.

⁂

On doit considérer comme un bon et sain signe des temps le fait que l'enseignement de la biologie devient plus large et plus

catholique, plus proche des réalités vivantes que ne le sont les sèches études de laboratoire. Cette tendance se trouve bien mise en lumière dans les deux « Introductions à la Biologie », pour l'usage scolaire, que nous avons devant nous. L'ouvrage de M. Kraepelin nous semble bien mériter le succès qui lui vaut de paraître en troisième édition aujourd'hui, quatre ans après la première. Plantes et animaux sont traités ensemble autant que possible, et l'intérêt se trouve concentré sur l'œcologie et le comportement (au sens large du mot), plutôt que sur les détails de structure. Le livre se compose de trois sections, la première s'occupant des rapports de l'organisme avec son milieu, animé et inanimé, la deuxième traitant, d'une façon générale, de l'anatomie physiologique des plantes et des animaux, tandis que la troisième (et c'est là une innovation pour un manuel de biologie) a pour objet l'histoire naturelle de l'homme et renferme des notions préliminaires d'anthropologie et de culture préhistorique. Dans l'ensemble, ce vaste sujet est naturellement traité d'une façon quelque peu superficielle, mais les choses essentielles sont suffisamment mises en lumière. Quelques-unes des illustrations sont particulièrement vivantes et intéressantes et les planches coloriées sont bien exécutées pour un livre si bon marché.



L'« Introduction à la Biologie », de MM. Maas et Renner, a un contenu analogue à celui du livre de M. Kraepelin, mais un peu autrement arrangé. Les parties botanique et zoologique y sont plus nettement séparées, la première ayant été écrite par M. Renner, la dernière ayant été confiée aux soins de M. Maas. Les auteurs insistent un peu plus que ne le fait M. Kraepelin sur la morphologie, mais la signification fonctionnelle et œcologique des organes est bien mise en lumière. En général, les sujets y sont traités d'une façon plus circonstanciée. C'est principalement dans la section zoologique que l'aspect œcologique ne reçoit pas l'attention qu'il mérite, une grande partie de cette section étant consacrée à l'organologie comparée des groupes supérieurs. Nous notons avec intérêt que M. Maas adopte la vieille et excellente division des organes en systèmes animaux et végétatifs, division dont Buffon et Bichat ont bien montré l'importance. Ce manuel pourrait être très utile; les illustrations sont bien choisies.



Le volume de M. Houssay est une étude expérimentale d'une seule adaptation particulière et très frappante: adaptation des poissons à la vie et au mouvement dans l'eau. Il est rare de rencontrer

dans la littérature biologique un livre d'une telle fraîcheur et spontanéité, et alors même qu'on se voit contraint à rejeter les conclusions théoriques de l'auteur, on ne peut pas méconnaître la valeur permanente des résultats expérimentaux qu'il a obtenus. Nous avons analysé, dans un précédent numéro de « Scientia » (N. 3, 1913), la brochure de M. Houssay sur « La morphologie dynamique », qui était comme le manifeste et l'introduction à la série de mémoires dont le présent volume est le quatrième. L'étude expérimentale des facteurs de la production de formes animales a devant elle, nous en sommes convaincu, un long avenir, et les résultats à obtenir seront de nature à insuffler une nouvelle vigueur à la morphologie, science devenue de nos jours si abstraite et aride.

Le mémoire de M. Houssay se compose de quatre sections: La Forme et le Mouvement des Poissons; Étude de la Résistance à l'avancement et de la Stabilité à l'aide de modèles artificiels; La Puissance des Poissons; La Morphologie dynamique des Poissons.

Dans la première section, M. Houssay discute les mouvements tourbillonnaires provoqués par la natation, l'action propulsive de la queue, l'action équilibrante des nageoires paires et impaires, la position du centre de gravité (toujours dorsale), la forme du maître-couple et ses rapports avec l'« inversion » du corps du poisson. La deuxième section, qui est de beaucoup la plus intéressante et la plus importante du livre, donne les résultats des expériences systématiques sur la résistance et la stabilité de différentes carènes. Ces expériences ont abouti à un remarquable triomphe pour les modèles ayant la forme de poissons et munis de nageoires. Elles ont également projeté une vive lumière sur la signification de queues hétérocercales et homocercales, sur l'influence extraordinaire que de légers changements de position et de tension des nageoires exercent sur le maintien de la stabilité, et sur beaucoup d'autres points. En somme, M. Houssay a, par ses expériences, ouvert à la recherche un champ nouveau et fertile, dont pourront également bénéficier, comme il le dit avec raison, l'architecture navale et l'aéronautique.

La troisième section est consacrée à la détermination expérimentale de la force réelle développée par le poisson pendant la natation. Une comparaison avec la force développée dans la natation humaine a montré que celle du poisson est infiniment plus grande. Dans la quatrième section, M. Houssay s'efforce de déduire, non seulement la forme du poisson, mais aussi les principaux traits de sa structure interne (par exemple sa segmentation métamérique, la striation des nageoires, la striation des muscles) de l'action directe des vibrations transversales que le passage à travers l'eau imprime au corps pendant la natation.

C'est là, à notre avis, la partie la plus faible du livre, bien

qu'elle renferme plus d'un point intéressant et suggestif, comme par exemple la discussion de la remarquable asymétrie du crâne des cétacés. C'est, pensons-nous, une des vérités fondamentales de la biologie que l'action du milieu sur l'organisme n'est jamais purement physique et directe. L'organisme ne reste jamais passif en présence de l'action; il réagit aux influences du milieu environnant. Cette réaction peut entraîner une modification permanente de l'organisme, mais cette modification n'est qu'un effet indirect de l'action du milieu. La forme du poisson est on ne peut plus admirablement adaptée à la progression dans l'eau (de ce fait nous nous rendons mille fois mieux compte après les lumineuses expériences de M. Houssay); mais nous ne pouvons pas croire que cette adaptation ait été produite par l'action directe et modelante de l'eau sur le poisson. Elle s'est produite plutôt par une adaptation fonctionnelle progressive des différentes parties aux efforts qui se sont exercés sur elles, de la même façon dont le système vasculaire se développe actuellement par réaction directe aux besoins fonctionnels, fait qui a été si bien démontré par Roux.[1]

Outre ce point fondamental, il nous semble que M. Houssay n'a pas suffisamment tenu compte de l'action que les mouvements actifs de la queue pendant la natation exercent sur la forme du poisson. Mais l'élimination des mouvements de la queue a été une simplification expérimentale presque inévitable, et nous voulons espérer que des recherches ultérieures complèteront dans cette direction les premiers résultats obtenus par M. Houssay.

Tous les zoologistes doivent être reconnaissants à M. le professeur Houssay d'avoir abordé cette nouvelle voie dans l'étude expérimentale de la forme animale.



M. Schultz déclinerait probablement la qualification de vitaliste, mais son livre est, à notre avis, un ouvrage de tendance vitaliste. Ceci ressort avec le plus de netteté de son dernier chapitre qui porte ce titre stimulant: « Der Organismus als Handlung » (L'organisme comme action). « On peut certes, écrit-il, résoudre l'organisme en excitation et réaction, le soumettre à un examen causal et acquérir ensuite un pouvoir sur lui, en répétant la même excitation, afin d'obtenir un certain effet. Mais une pareille dissociation causale, alors même qu'elle réussirait, ce dont en principe on ne peut pas douter, ne nous fournirait pas une explication plus satisfaisante que celle qu'on obtiendrait en décom-

[1] Voir A. Oppel, *Ueber die gestaltliche Anpassung der Blutgefässe*, Leipzig, 1911. Analysé dans « Scientia », N. XXVIII-2, 1913.

posant un discours d'après les lois de l'acoustique. Toute analyse équivaut à une désorganisation, et si celle-ci nous rend bien intelligible le détail, elle détruit l'idée organisatrice, ou le principe organisateur ou de quelque autre nom qu'on l'appelle. Nous pouvons analyser tout processus morphogénétique en cause et effet; mais à côté de cette manière de voir il en existe une autre, sans laquelle (et c'est pour le prouver que ce chapitre a été écrit) une compréhension complète est même impossible; c'est la conception du processus comme motif et action ». Et la pensée directrice de ce chapitre, à savoir que les actions instinctives et les processus morphogénétiques sont essentiellement identiques, constitue une des doctrines fondamentales du vitalisme classique, tel qu'il a été exposé par J. Müller, Schopenhauer et E. von Hartmann. Ce chapitre est une des meilleures choses que nous ayons lues depuis longtemps, et sa thèse nous paraît tout à fait solide.

Dans le corps de l'ouvrage, M. Schultz discute la contribution que les faits de la morphologie descriptive apportent, non aux stériles spéculations phylogénétiques, si répandues en morphologie, mais aux problèmes fondamentaux de l'hérédité et du développement. Il prête naturellement une grande attention à la loi biogénétique et reconnaît qu'une explication de cette loi équivaudrait à une solution complète du problème du développement, point sur lequel les théories mnémiques, celles de M. Rignano en particulier, ont insisté d'une façon toute spéciale. Sa théorie de l'« internalisation » des stimuli s'accorde également bien avec la conception mnémique.

D'autres chapitres sont consacrés aux modifications cainogénétiques du développement qui obscurcissent l'action de la loi biogénétique. M. Schultz est enclin à voir dans tout cela des effets de l'adaptation directe, des résultats d'une réponse directe de la part de l'organisme. Il croit comme à une chose allant de soi, à l'hérédité des caractères acquis.[1]

Pour donner quelque idée du contenu du livre, il suffit de citer les titres de quelques chapitres: Poicilogenie, Zeitliche und örtliche Verschiebungen (Hétérochronie et hétérotopie), Rückbildungen (Régressions), Hétérogonie, Pelagische Larven und Metamorphose, Tachygenese, Butpflege und Viviparität. Chaque chapitre contient un résumé bref, mais suffisant, des travaux les plus importants sur la question et est suivi d'une bibliographie assez exacte.

Même si on le considère comme un recueil de faits et d'idées, c'est là, de tous les livres parus au cours de ces dernières années, un de ceux dont les étudiants en biologie générale retireront le

[1] Sur ce sujet, voir son remarquable ouvrage: *Ueber umkehrbare Entwicklungsprozesse*, « Roux's Vorträge », IV, Leipzig.

plus de profit. Et M. Schultz manie ces matières d'une façon tellement magistrale que son livre se range incontestablement parmi les ouvrages de première importance. L'auteur a subi, à n'en pas douter, l'influence de Roux, mais ses idées n'en sont pas moins empreintes d'une individualité marquée.

⁂

Le problème biologique est le premier volume d'une trilogie et sera suivi de volumes consacrés à la psychologie animale et humaine. Le but que se propose l'auteur consiste à dégager une morale satisfaisante ou un code d'hygiène sociale, destiné à remédier à l'individualisme aigu et dangereux du temps présent. Pour atteindre ce but, il est nécessaire de découvrir le déterminisme des processus vitaux et psychiques, et le volume présent donne les premiers résultats de cette recherche. Le but plus vaste poursuivi par M. Lévy ne nous intéresse pas ici directement; notre tâche se borne a considérer brièvement sa contribution à la théorie de la méthode biologique.

M. Lévy n'a pas une bien haute opinion des résultats obtenus par la science moderne dans les domaines de la biologie et de la psychologie. « Une accumulation incroyable de travaux de biologie et de psychologie, écrit-il, n'a pas produit une seule donnée positive, précise, sur la nature véritable des phénomènes organiques et psychiques, sur leurs rapports entre eux ou avec les réactions chimiques dont les organismes sont le théâtre » (p. 23). Conformément à cette manière de voir, le livre renferme une critique brillante et efficace de la biologie matérialiste et est consacré à l'élaboration d'une théorie d'une énergie dynamique régissant et déterminant tous les processus organiques. M. Lévy distingue dans tous les phénomènes trois moments: l'inertie des corps, leur déterminisme latent (de position, de propriétés chimiques, etc.), et l'impulsion qui les met en action. En discutant les principales caractéristiques des êtres vivants (composition chimique, structure, forme spécifique, reproduction, développement cyclique) et en examinant avec soin les explications de ces caractéristiques proposées par la biologie matérialiste, M. Lévy arrive à cette conclusion que la source des impulsions chez l'organisme vivant est constituée par une « énergie dynamique » immatérielle, intelligente et inconsciente. Cette théorie, qui présente de grandes analogies avec la conception de E. v. Hartmann, est élaborée avec une habileté et une lucidité extraordinaires. Nous doutons que cette solution soit tout à fait adéquate, vu qu'elle ne nous paraît pas tenir suffisamment compte du fait que l'organisme est avant tout un être historique, le produit d'une longue série d'ancêtres dont il a, d'une façon ou d'une

autre, accumulé et utilisé l'expérience. Mais nous avons rarement eu la chance de rencontrer une contribution plus lucide que celle de M. Lévy à un problème d'une difficulté et d'une obscurité aussi grandes. Le livre est très bien écrit et renferme nombre de passages remarquables.

London.

E. S. RUSSELL

E. L. THORNDIKE - *Animal Intelligence. Experimental Studies (L'intelligence animale. Études expérimentales).* Un vol. in-8, de 297 pages. The Macmillan Co., publ., New-York, 1911.

MAURICE PARMELEE - *The Science of Human Behavior (La science du comportement humain).* Un vol. in-8, de 443 pages. The Macmillan Co., publ., New-York, 1913.

WILHELM WUNDT - *Naturwissenschaft und Psychologie (Science naturelle et psychologie).* Un vol. in-8, de 124 pages. Wilhelm Engelmann, éd., Leipzig, 1911.

A voir juxtaposer les titres des ouvrages de Thorndike sur l'intelligence animale et de Parmelee sur la science du comportement humain, au moment où vient de paraitre le livre de Bechterew sur la psychologie objective, on pense à une sorte de symbole de l'évolution psychologique moderne, qui a conduit de l'étude objective du comportement animal à la généralisation de la psychologie objective, dont le principe s'oppose à l'attitude classique de Wundt, sans que d'ailleurs les méthodes particulières diffèrent beaucoup. Mais, en réalité, nous le verrons, le titre de l'ouvrage de Parmelee est quelque peu trompeur, car, parlant du comportement, il y fait rentrer même les phénomènes subjectifs, par un bizarre contre-sens.

⁂

Le livre de Thorndike est une réunion des principales études de psychologie animale — devenues classiques — de l'auteur, études qui datent de cette période, à cheval sur le XIXe et le XXe siècles, où, par une importante rénovation, par une véritable création pour mieux dire, la psychologie animale est venue prendre sa place au milieu des sciences biologiques.

Et il est très heureux que l'on puisse avoir sous la main et facilement consulter ces études, parues de 1898 à 1901, dans un de ces élégants volumes de la série d'« Animal Behavior », où figurent déjà deux excellents livres, dus à miss Washburn, et à Yerkes, l'éditeur de cette série, en même temps que le promoteur du « Journal of Animal Behavior ».

Les études que l'on retrouve ainsi sont: l'étude expérimentale des processus associatifs des chats (« Psychological Monograph », n. 8, 1898), où fut employée pour la première fois la méthode de la cage à mécanisme d'ouverture que l'animal doit apprendre à trouver et à manier, et l'étude expérimentale de la vie mentale des singes (« Psychological Monograph », n. 15, 1901), avec les mécanismes analogues proposés à la sagacité de l'animal, les images et lettres à reconnaître, etc., deux études absolument fondamentales; — avec en outre les recherches sur les réactions instinctives des jeunes poulets (1899), les notes sur la psychologie des poissons (1899), et une étude théorique sur l'évolution de l'intelligence humaine, parue dans le « Popular Science Monthly » de 1901.

Mais une introduction nouvelle attirera particulièrement l'attention, en tant qu'elle expose les idées précises de Thorndike sur « l'étude de la conscience et l'étude du comportement ».

Thorndike, qui s'est toujours adonné à des recherches de psychologie humaine, envisage la question du comportement d'un point de vue général, et note qu'aussi bien dans l'étude de l'homme que dans l'étude des animaux, on peut se placer sur le terrain de la conscience, de la vie intérieure, du moi subjectif, ou sur celui du comportement, du *behavior,* c'est-à-dire, par une définition négative, de ce qui reste inexpliqué, dans la nature des organismes, par la physique, la chimie, l'anatomie et la physiologie.

En Amérique, Titchener s'occuperait exclusivement de la conscience comme telle, Stanley Hall du comportement, tandis que James se préoccupait de l'un et de l'autre; en Angleterre, Stout, Galton, et Lloyd Morgan représenteraient les mêmes attitudes respectives. La tendance de la fin du XIX[e] siècle fut d'étudier surtout la conscience, les faits révélés par introspection, les expériences servant d'occasion à des analyses de faits subjectifs, tendance particulièrement nette, bien que Thorndike ne le nomme pas, chez le regretté Alfred Binet. Même chez les animaux, et alors apparut la grande difficulté de ces recherches, on visa à étudier les enchaînements de faits de conscience.

Beaucoup plus facile et précise à cet égard se montre l'étude du comportement, qui aurait pour synonymes les expressions populaires *intellect* et *character.* Thorndike montre ce qu'est ce *Behavior,* comment des faits de mémoire étudiés de façon précise, comment la réponse d'un sujet à un problème d'arithmétique, rentrent dans la méthode du comportement, sans qu'on se préoccupe des états de conscience impliqués.

Mais ces états de conscience sont inclus dans le comportement. « Behavior, — dit-il, — includes consciousness and action, states of mind and their connections ». L'étude de la conscience seule, au contraire, est étroite et exclusive, et néglige une grande part

de la vie mentale, ainsi que les relations des faits mentaux avec les faits non mentaux. Le psychologue doit envisager l'esprit comme un système de connexions, conscientes ou non.

Psychologue de comportement, Thorndike admet cependant que la conscience reste en général impliquée, sans préciser d'ailleurs quel critère permet de déterminer quand elle est impliquée, — et pour cause; il ne se rend pas compte que les psychologues, qui enregistrent les réponses de leurs sujets, après que ceux-ci ont fait effort d'introspection, font en réalité encore une étude de comportement, et qu'il n'y a qu'en s'interrogeant soi-même qu'on peut faire une étude véritable de la conscience comme telle, qui reste incommunicable. Ceci pour la recherche, car, dans l'interprétation des faits obtenus par n'importe quelle méthode, on peut être subjectiviste. Mais il est bien évident qu'il y a une absurdité manifeste à prétendre procéder chez les animaux à une étude des phénomènes propres de conscience. On peut, dans l'étude des êtres autres que soi, supposer, par une extension analogique non susceptible de preuve, c'est-à-dire métaphysique, l'existence de phénomènes de conscience à l'origine des faits objectifs que l'on perçoit, actes, paroles, mimiques, etc.; mais on ne peut prétendre faire une étude scientifique de ces phénomènes, qui restent nécessairement hypothétiques.

***

L'ouvrage de Parmelee sur la science du comportement humain et ses fondements biologiques et psychologiques promettait une mise au point des résultats acquis dans l'étude objective de la mentalité humaine.

En réalité, on y trouve de l'anatomie, de la physiologie, de la biologie, de la philosophie, et même un peu, mais fort peu de psychologie; après des chapitres sur les bases physico-chimique, anatomique et physiologique du comportement, où il est parlé de la matière, du métabolisme, de la sexualité, de l'orthogénèse, du mendélisme longuement, etc., on trouve un résumé, inspiré à la fois de Jennings et de Loeb, c'est-à-dire singulièrement éclectique, de la psychologie des animaux inférieurs, avec un exposé de la question des tropismes où pas une fois la question n'est serrée de près, puis des données, inspirées pour une grande part de Sherrington sur les actions réflexes, sur les fonctions du système nerveux, sur les localisations cérébrales, ensuite une relation des nombreuses définitions de l'instinct, à la suite desquelles se range celle de l'auteur (l'instinct étant une combinaison héréditaire de réflexes qui a été intégrée par le système nerveux central pour provoquer une activité externe de l'organisme, qui caractérise habituellement

une espèce donnée, et est habituellement adaptative); puis une revue des principaux instincts et des tendances innées de l'homme; et enfin une série de chapitres philosophiques, là où l'on attendrait des faits de psychologie expérimentale, sur la nature de l'intelligence, de la conscience, de la personnalité; pour terminer sur des chapitres relatifs aux sociétés animales, et aux facteurs de l'évolution sociale.

Et l'on peut s'étonner qu'après avoir dit qu'il adoptait l'attitude scientifique consistant à étudier l'homme du point de vue objectif du comportement, l'auteur discute sur toutes les définitions et sur les critères de la conscience, et se croie obligé de caractériser celle-ci comme « un processus complexe fait de sentiments et d'idées qui sont unifiés par le sentiment de la personnalité, qui peut commencer comme un sentiment vague, mais devient au cours du temps une idée claire et précise ». Singulière tâche pour une psychologie scientifique objective que de chercher une définition invérifiable d'un processus purement subjectif!

En somme, livre de vulgarisation traitant de questions fort intéressantes, mais sans originalité ni critique, et qui n'est pas sans apporter au lecteur une réelle déception.

***

L'éditeur Engelmann a eu l'idée de publier en un petit volume distinct, qui en est déjà à sa deuxième édition, les considérations générales qui terminent le grand traité de psychologie physiologique de Wundt, dont il a récemment paru une sixième édition; à vrai dire, si les éditions successives du traité ont apporté des additions et des remaniements considérables pour ce qui est l'exposé des faits, elles n'ont rien modifié d'essentiel à la conception philosophique que Wundt s'est faite de la place et de la méthode de la psychologie. On retrouvera là les chapitres sur les fondements logiques de la science de la nature (principes de causalité et de finalité), sur la mécanique et l'énergétique, avec des considérations historiques sur le mécanisme et le vitalisme, etc.

La deuxième partie concerne proprement la psychologie et traite du concept d'âme et des fondements généraux de l'interprétation psychologique: Wundt, on le sait, n'admet pas de dualité entre le corps et l'esprit; mais, au-dessus de l'unité fondamentale et cachée, apparaissent deux séries de phénomènes, connexes puisque rien de psychique ne se produit sans corrélatif physique, mais sans action réciproque directe; l'une ou l'autre de ces séries peut révéler les processus profonds, mais on ne passe pas de l'une à l'autre; il y a irréductibilité du psychologique au physiologique, du conscient au cérébral. C'est là le principe du parallélisme psycho-physique,

dont Wundt cherche à montrer la valeur pratique, scientifique, *heuristique,* sans en faire aucunement un principe métaphysique, relatif à la nature en soi des choses.

On retrouvera également l'exposé de trois principes qui différencieraient la psychologie, et caractériseraient spécifiquement sa méthodologie: le principe des résultantes créatrices en vertu duquel un son complexe devient quelque chose de nouveau, différent des sons partiels composants; le principe des relations réciproques, en vertu duquel les impressions s'influencent les unes les autres (comprenant la comparaison relative et l'analyse relative); enfin le principe du contraste exhaustif.

Il y a dans ce livre un document historique sur l'attitude prise dans les débuts par la psychologie expérimentale, se différenciant comme science, en prétendant être la science des faits de conscience comme tels. A l'heure actuelle, la psychologie scientifique vise essentiellement à constituer la science du comportement, applicable, de la même manière, à l'homme aussi bien qu'aux organismes inférieurs; elle étudie des phénomènes objectifs comme les autres sciences de la nature, et laisse de côté les phénomènes conscients comme tels, révélables par la seule introspection, pour ne tenir compte que de phénomènes physiques (y compris le langage, bien entendu), sans cesser pour cela d'employer une terminologie qui peut, pour chacun, prendre un sens subjectif. Dès lors le principe du parallélisme devient inutile; ce principe ne répond qu'à l'observation du psychologue qui veut comparer ses propres états de conscience à diverses manifestations organiques concomitantes.

Paris, Sorbonne.

HENRI PIÉRON

FÉLIX LE DANTEC - *L'égoïsme seule base de toute société.* Un vol. de 327 pages. Ernest Flammarion, éd., Paris, 1911.

D.r F. MÜLLER-LYER - *Der Sinn des Lebens und die Wissenschaft (Le sens de la vie et la science).* Un vol. de 290 pages. J. F. Lehmann, éd., München, 1910.

P. CAULLET - *Éléments de Sociologie.* Un vol. de 356 pages. Marcel Rivière, éd., Paris, 1912.

Qu'il doive exister un lien très intime entre la biologie, qui étudie l'homme en tant qu'être vivant, et la sociologie qui l'étudie en tant qu'être social, c'est là une vérité dont, malgré les généralisations prématurées et exagérées des organicistes, personne ne doute de nos jours. Et M. Le Dantec nous fournit précisément une preuve de la fécondité des principes biologiques, lorsqu'ils sont

appliqués avec discernement à l'étude des sociétés humaines: s'en tenant à la méthode lamarckienne, il montre en effet comment, en vertu de la loi purement biologique de l'égoïsme, les hommes ont acquis, par l'habitude de vivre en société, des notions métaphysiques et morales qu'il appelle expressément « déformations mentales », parce que, « nées tardivement, ces acquisitions n'ont pas pu modifier très profondément la nature primitive de l'homme ».

Puisque « être c'est lutter, vivre c'est vaincre », l'idée de société se trouve rattachée à celle de lutte. Lorsque l'homme eut reconnu dans ses semblables une « capacité de nuire » supérieure à celle des autres animaux, il renonça, provisoirement du moins, à les attaquer. Ce premier pas vers l'association fut suivi d'un second, lorsque les hommes eurent combiné leurs forces pour se défendre contre un ennemi commun ou pour l'attaquer. L'existence d'un ennemi commun et le fait que le travail d'un individu fournit un produit qui dépasse ses besoins, de sorte qu'il peut encore en faire bénéficier celui avec lequel il a conclu une alliance défensive ou offensive, constituent les facteurs nécessaires et suffisants de l'origine des sociétés. L'action continue de ces facteurs permet de concevoir historiquement la genèse des différentes formes, plus ou moins durables, d'association, depuis la famille primitive jusqu'à la grande nation moderne.

La vie en société a naturellement déterminé chez l'homme des habitudes qui ont transformé ou, ainsi que le veut M. Le Dantec, déformé sa mentalité primitive, en l'adaptant de plus en plus aux conditions de l'ambiance sociale; et les qualités psychologiques acquises par cette voie se sont transmises, en se renforçant, de génération en génération, à la faveur de la tradition. C'est ainsi que sont nées les notions de droit et de devoir, de bien et de mal, de dieu et de justice, etc., notions qu'on considère généralement comme des entités métaphysiques absolues, mais qui sont en réalité des conséquences de la vie en commun et qui, comme tous les caractères acquis, survivent aux causes qui les ont fait naître. Ces principes moraux, d'origine sociale, sont loin de posséder le caractère de nécessité inhérent aux notions logiques vraiment individuelles (celles-ci sont un produit de notre instinct de conservation et leur transgression implique l'élimination immédiate) et peuvent souvent pour cette raison être violés impunément. De plus, les conflits entre les intérêts de l'individu et ses devoirs sociaux et l'existence de devoirs sociaux contradictoires (par exemple de celui qui commande le respect de la vie humaine et de cet autre qui ordonne de tuer les ennemis) suffisent à expliquer que « aucune habitude sociale n'ayant été poursuivie indéfiniment dans une lignée sans des interruptions et des contradictions, nous n'ayons pas, dans notre morale, un seul chapitre aussi solide que ceux de notre logique ».

Nonobstant cela, l'existence indéniable de certains sentiments moraux a rendu possible la mise en valeur du patrimoine social. Le progrès continu du bien-être qui en fut la conséquence, en diminuant d'un côté la valeur de l'individu dans la lutte contre les éléments, en augmentant de l'autre la dépendance réciproque entre les hommes, a rendu les liens sociaux de plus en plus intimes. En même temps que la science, « le plus grand lien qui unisse les hommes », étend son domaine propre, on voit se modifier les facteurs qui déterminent l'alliance entre les hommes: cette alliance, qui s'était constituée au début, parce que l'homme avait reconnu dans ses semblables une « capacité de nuire » égale à la sienne, repose, au contraire, de nos jours sur le fait que chacun reconnaît dans ses semblables une « capacité de production » dont il attend pour lui-même des effets utiles. Mais cette nouvelle base de la socialité ne doit pas nous induire en erreur quant à sa cause ultime, qui reste toujours l'égoïsme, parce que « un homme qui a besoin du travail d'un autre homme respecte en ce dernier la capacité de nuire qu'il pourrait acquérir en cessant un travail utile ». Et c'est parce que l'essence de notre vie reste toujours individuelle et partant égoïste qu'il suffit de gratter un peu notre vernis social, pour se convaincre que l'homme est toujours un troglodyte, et cela « malgré les nouveaux vêtements que lui fabrique la science », c'est-à-dire malgré les modifications que la science et l'industrie introduisent dans sa vie et qui se succèdent avec une rapidité trop grande pour pouvoir se fixer dans l'espèce à la faveur de l'hérédité.

***

Tandis que M. Le Dantec, esprit éminemment scientifique, arrive à des conclusions que nous pourrions qualifier de pessimistes, sans vouloir pour cela diminuer leur valeur cognitive (et de fait on ne sait pas pourquoi les vérités scientifiques doivent être teintées de rose plutôt que de noir), M. Müller-Lyer, qui veut construire sur la base de la sociologie et des sciences naturelles « une philosophie digne de notre culture », entrevoit d'ores et déjà les premières lueurs d'une phase évolutive pendant laquelle l'humanité vivra dans un état d'« euphorie ». Pour lui aussi, toutes les impulsions sociales sont des impulsions morales, et l'association, la coopération et la langue ont fait de l'homme un être capable de progrès. C'est ainsi qu'en passant de l'état sauvage à la barbarie et de celle-ci à la civilisation, l'humanité est parvenue à une phase évolutive dont la caractéristique consiste dans le pouvoir que l'homme a su conquérir sur la nature. Mais le progrès des institutions civiles n'a pas assuré à l'individu de plus en plus opprimé par un rigide système de contraintes et de devoirs, une augmen-

tation de bonheur; et la raison de cette antinomie entre civilisation et bonheur consiste en ce que, les groupes sociaux étant toujours en lutte entre eux, le but de l'organisation et du progrès avait uniquement consisté jusqu'ici à perfectionner la puissance de la société aux dépens de la grande masse des individus. Mais comme l'unique fin raisonnable de la civilisation ne « peut être autre chose que le bien-être de l'individu », toute l'évolution culturale nous apparait comme « un processus dépourvu de but et de sens ».

Et à cela M. Müller-Lyer ne se résigne pas. Il admet que « l'évolution de la culture a désormais franchi le seuil de la conscience humaine » et que l'homme, après en avoir reconnu les lois, réussira à assujettir à sa propre volonté le cours de la civilisation, en l'orientant vers ce but suprême qu'est le bien-être individuel. C'est ainsi qu'à la phase du « pouvoir sur la nature » doit succéder celle du « pouvoir sur la culture ». Nous ne discuterons pas ces prévisions, mais nous ferons seulement observer ceci: en premier lieu, on ne comprend pas pourquoi la fin de l'évolution sociale doit être, à proprement parler, « raisonnable », et en second lieu l'avènement de l'ère du « pouvoir sur la culture », préconisée par M. Müller-Lyer, suppose une transformation radicale de la nature humaine que M. Le Dantec, nous l'avons vu, et beaucoup d'autres avec lui, considèrent au contraire comme immuable et imperfectible.

***

A la différence des deux auteurs précédents, M. Caullet n'a pas l'ambition d'essayer de nouvelles voies, mais assume la tâche, modeste il est vrai, mais utile, de tracer un tableau raccourci de l'état actuel des connaissances sociologiques, en exposant, non « les opinions les plus divergentes qui séparent les savants, mais, au contraire, celles qui les unissent, c'est-à-dire celles qui paraissent présenter le plus de certitude scientifique ».

Il admet que la socialité, c'est-à-dire l'âme collective de la horde primitive, est une propriété irréductible et qu'elle s'individualise dans le cerveau de chacun jusqu'à faire de l'individu un être social. L'échange continu de sentiments et d'idées, qui s'opère par « interaction psychologique », transforme définitivement la socialité primitive en pensée sociale. Le fait social constituerait donc l'antécédent nécessaire du fait intellectuel qui, en évoluant, réagirait sur sa propre cause. La loi fondamentale de l'évolution serait donc que « l'évolution intellectuelle détermine et gouverne l'évolution sociale ». Ce principe général expliquerait l'uniformité du processus évolutif des sociétés, tandis que les différences structurales qu'elles présentent, c'est-à-dire les différents types sociaux, tiendraient à

l'action de facteurs secondaires, tels que les facteurs physiques, économiques, juridiques, etc. En ce qui concerne les rapports entre la société et l'individu, M. Caullet relève avec raison leur nature fonctionnelle, « en ce sens que l'individu n'est ni facteur seulement ni fonction seulement de la société »; et il en tire cette règle pratique que pas plus que l'individu à la société, la société ne doit être sacrifiée à l'individu.

Nous n'entrerons pas dans les détails de cet ouvrage, produit d'un esprit synthétique. Nous releverons seulement ce fait que M. Caullet, tout en montrant qu'il connaît à fond la littérature sociologique, a trop négligé les travaux de Gumplowicz et de Ratzenhofer dont tous ceux qui s'occupent de sociologie doivent tenir le plus grand compte.

Trieste.

FRANCO SAVORGNAN

J. G. FRAZER - *Spirits of the Corn and of the Wild (Les Esprits du blé et du gibier).* Deux volumes de XVII-319 et XII-371 pages. — *The Golden Bough - A Study in Magic and Religion (Le Rameau d'Or - Étude sur la magie et la religion).* 3ème édition, Partie V, 20 sh. Macmillan and Co., Ltd., London, 1912.

— — *The Belief in Immortality and the Worship of the Dead (La croyance en l'immortalité et le culte des morts).* Vol. I: *The Belief among the Aborigines of Australia, the Torres Straits Islands, New Guinea and Melanesia (La croyance chez les Aborigènes de l'Australie, des îles du détroit Torrès, de la Nouvelle-Guinée et de la Mélanésie).* The Gifford Lectures, St-Andrews 1911-1912. Macmillan and Co., Ltd., éd., London, 1913 (pages XXI-495, 10 sh.).

RAFFAELE OTTOLENGHI - *Voci d'Oriente. Prime elaborazioni dell'idea cristiana nel mondo ebreo. Elaborazione travagliata del dogma cristiano. L'epoca del trionfo cristiano: compromesso coll'ellenismo della decadenza (Voix d'Orient. Premières élaborations de l'idée chrétienne dans le monde Juif. Élaboration travaillée du dogme chrétien. Époque du triomphe chrétien: compromis avec l'hellénisme de la décadence).* Trois volumes de 314, 289 et 288 pages, 3 fr. 50 chacun. Casa editrice del Coenobium, Lugano, 1913.

La IVe partie de *Golden Bough (Adonis, Attis, Osiris)* est consacrée à l'examen de la figure du dieu qui meurt et renaît, telle qu'elle se manifeste dans les religions orientales de l'antiquité classique. Dans cette cinquième partie aussi, où de semblables recherches sont étendues à d'autres religions et races, des faits innombrables se trouvent réunis et savamment rangés, et l'éminent auteur déclare modestement s'en tenir à l'office de collectionneur,

laissant à d'autres le soin d'apprécier les très nombreux exemples qu'il a réunis.

Passant de l'Orient à l'Europe, il commence — je me sers, ou à peu près, de ses propres paroles — par la religion de la Grèce antique qui incarne cette conception du dieu qui meurt et renaît en deux exemples typiques: Bacchus, dieu de la vigne, et Perséphone, déesse du blé, dont la mère Demeter est un double. Ces deux dieux personnifient les plantes cultivées, et les recherches ayant porté sur des personnifications analogues en d'autres lieux ont montré que les céréales étant les plus importantes de toutes les plantes comestibles, il était naturel que les religions des communautés primitives reçussent de la culture du grain une coloration intense: dans d'autres parties du monde aussi, et jusque dans les champs de l'Europe moderne, nous retrouvons des figures qui correspondent à celles de Demeter et de Perséphone. Les racines comestibles occupent une place analogue, surtout dans les religions des peuples tropicaux qui s'en servent pour leur alimentation; mais dans ces cas la conception du dieu qui meurt et renaît apparaît avec moins de relief, probablement parce que la croissance et la décroissance des racines, au contraire de celles des céréales, sont dissimulées sous la terre et partant frappent moins vivement l'imagination populaire.

Les primitifs chasseurs, oiseleurs, pêcheurs et pasteurs adorent les bêtes dont ils tirent leurs moyens de subsistance: ils conçoivent naturellement la mort de ces êtres avec une force et une netteté singulières: il s'agit ici de la mort réelle, du squelette nu qui s'impose importunément à leur attention. Et quelque bizarre que le fait puisse paraître à nous autres, hommes civilisés, il semble que le concept d'immortalité, voire de résurrection des animaux inférieurs, est accepté par le sauvage avec une foi presque aussi inébranlable que le fait palpable de leur mort réelle. M. Frazer ne se propose pas de construire, à l'aide des matériaux qu'il a recueillis, une théorie générale: loin de lui l'idée de faire croire que l'homme a créé la plupart de ses dieux en les tirant pour ainsi dire de son ventre: il est même certain que d'autres éléments, d'une importance bien plus grande, ont concouru à constituer les religions primitives, et il est en particulier probable que, parmi les êtres divinisés, les esprits humains occupent une place plus importante que celle attribuée aux plantes, aux animaux ou aux êtres inanimés.

L'auteur met surtout en relief que ce refus du sauvage à reconnaître dans la mort une cessation finale du processus vital, cette foi inébranlable dans la continuité ininterrompue de toute existence constitue un fait qui n'a pas encore été envisagé avec toute l'attention qu'il semble mériter par les psychologues et les historiens de la religion.

***

Ceux qui veulent acquérir une connaissance plus vaste et plus profonde de la croyance à peu près universelle en l'immortalité, trouveront une contribution des plus importantes dans le grand ouvrage dont le travailleur infatigable qu'est M. Frazer publie le premier volume, avant même la publication complète de la troisième édition du *Rameau d'Or*. C'est un seul chapitre de cette théologie naturelle, traitée par la méthode non dogmatique ni philosophique, mais historique, descriptive plutôt que comparée, que l'auteur commence à développer dans ces vingt leçons faites sur l'initiative de la fondation Gifford: et encore ce chapitre est-il limité à la considération de la théorie et de la pratique religieuses chez les peuples les plus primitifs. A côté des dieux naturels, dont l'homme déduit l'existence de l'observation de la nature extérieure, et des dieux humains ou hommes inspirés qu'il reconnaît en vertu de certaines manifestations mentales extraordinaires qu'il observe aussi bien chez lui-même que chez les autres, il existe toute une classe de dieux humains qui sont des esprits divinisés d'hommes morts. Cette divinisation implique la croyance que la personnalité consciente peut survivre au corps et continuer d'exister dans un état d'émancipation par rapport au corps, avec des pouvoirs non diminués, ou même considérablement augmentés, tant pour le bien que pour le mal. L'idée d'immortalité, primitivement suggérée par des expériences intérieures (les rêves par exemple) et extérieures (par exemple la ressemblance entre les vivants et les ascendants morts) a présidé dans une mesure considérable au développement de la religion naturelle dans une très grande partie de l'humanité. La religion ainsi fondée est une propitiation ou adoration d'hommes morts qui, selon le degré de pouvoir que leur attribuent les vivants, sont censés varier en dignité, depuis l'humble degré de simple esprit jusqu'à la position superbe d'une divinité. M. Frazer prouve le manque de toute croyance en la mort naturelle chez beaucoup de peuples sauvages: ils pensent que tous les hommes sont naturellement immortels dans cette vie et que la mort est toujours une mort violente infligée par un ennemi humain (sorcier), contre lequel se tourne la vengeance des survivants, on s'imagine avec quel gaspillage fou d'existences humaines. C'est un progrès intellectuel, social et moral, lorsqu'on arrive à reconnaître la cause de la mort dans des esprits malins, contre lesquels il n'y a pas de vengeance possible. Mais même la croyance à la mort naturelle, dont on explique l'origine à l'aide de mythes grotesques, ne supprime pas la croyance en l'immortalité. Les formes que celle-ci a revêtues et l'impulsion qu'elle a donnée au culte des morts chez

les peuples indiqués dans le titre, — tel est l'objet de ce volume qui contient un énorme répertoire de faits savamment ordonnés. M. Frazer ne veut pas se prononcer sur la valeur théorique de la croyance à la survivance; mais un fin esprit de scepticisme, presque inconscient, augmente l'attrait de son ouvrage.

***

L'ouvrage de M. Ottolenghi appartient, lui aussi, aux études sur les religions; mais cet auteur préfère s'occuper des religions historiques qui ont été et sont encore en vigueur chez les peuples les plus civilisés. Sa principale intention vise à établir les rapports entre le judaïsme et le christianisme. On considère généralement celui-ci comme un développement ou une filiation directe de celui-là, en opposition tranchée avec la civilisation païenne qui avait régné dans le bassin méditerranéen. D'après M. Ottolenghi, tandis que le christianisme de Jésus constitue un extrême épisode du prophétisme judaïque, le christianisme tel qu'il nous est parvenu et tel qu'il a exercé son influence sur le monde, est le produit d'un compromis entre la dialectique grecque et la barbarie qui submergeait l'Empire, entre les inextinguibles aspirations humaines et l'inaptitude des barbares à les cultiver; ce n'est pas une religion sémitique inspirée par l'idée éternelle du triomphe d'une justice suprême, mais une branche des religions issues du mythe solaire, commun à tous les peuples indo-européens. C'est précisément parmi les nations barbares occidentales que la doctrine du christianisme a été façonnée par trois influences: l'influence hellénistique-syriaque de S. Paul, l'influence néo-platonicienne des Johannistes et l'influence gnostique; elle constitue ainsi une création de l'intellectualité et de la sentimentalité des peuples européens, et n'a rien d'essentiel en commun avec la religion d'Israël.

Dans le premier volume, nous assistons au déclin sanglant de l'indépendance juive: ruine tragique qui offre, à côté de scènes d'horreur, des aspects de grandeur héroïque. L'agonie d'un peuple qui meurt, si tant est qu'on puisse parler de mort, dans la foi inébranlable dans le Dieu unique, plutôt que de se soumettre à la puissance irrésistibile et à la corruption infâme de Rome, et qui entraîne dans sa catastrophe le vainqueur tout-puissant, occupe presque tout le tableau: il reste ainsi peu de place pour le récit des modestes origines du christianisme trouvant dès sa naissance un terrain préparé et fécondé par la propagande judaïque, qui a réussi à s'insinuer avec succès dans les couches dominantes de la société romaine, lesquelles n'avaient plus de romain que le nom. La coexistence, dans la Ville Eternelle, de l'élément oriental et de l'élément latin est largement illustrée par l'auteur, ainsi que le caractère

judéo-chrétien qui s'est maintenu dans l'Église pendant les trois premiers siècles de son histoire.

Dans le deuxième volume, l'auteur reconstruit savamment le processus qui a engendré le christianisme. Il y décrit en particulier la lutte entre la nouvelle Synagogue chrétienne qui a surgi à l'ombre de la Croix avec des critères encore plus étroits que ceux de la Synagogue juive, et l'ardente prédication de S. Paul empreinte d'individualisme; l'origine du dogme de co-substantiation, né d'un compromis entre les derniers monothéistes qui niaient la nature divine de Jésus, et les gnostiques qui en effaçaient la nature humaine; les efforts de l'Église pour sauver son prestige menacé par le démenti qu'a subi la prophétie du retour de Jésus; la constitution progressive de la nouvelle organisation ecclésiastique qui tire son principe des églises de S. Paul et se pare du manteau solennel que la Rome impériale, épuisée par sa propre décadence et accablée par les hordes barbares, se laisse arracher sans résistance. L'Église primitive, non latine, mais syrio-grecque et africaine, a été imposée à l'Italie par ses envahisseurs, et elle a trouvé dans une religion commune le terrain d'entente nécessaire entre le monde romain et ses assaillants. Pour vaincre, l'Église a dû renier toute attache avec le Judaïsme et puiser des éléments dans les écoles aberrantes qui pullulaient à travers tout l'Orient et qu'elle condamnait elle-même, après en avoir introduit quelque principe dans sa contexture doctrinale. M. Ottolenghi va même jusqu'à soumettre à une discussion rigoureuse l'originalité de la morale du christianisme.

Le troisième volume n'ajoute pas grand' chose aux conclusions formulées dans les deux premiers. L'auteur y montre surtout l'infiltration du poison sophistique dans la doctrine chrétienne laquelle, érigeant en dogme l'abdication de la raison humaine, se moquait de ces principes fondamentaux de la logique, au delà desquels il n'y a que folie; c'est ce qui explique la vanité de toute tentative de réduire l'idée chrétienne à l'unité cohérente d'un système bien défini. Avec l'élimination de l'élément hébraïque, s'évanouit la profonde humanité de la première prédication, et il ne reste que le stérile artifice dialectique et la grossière matérialité. Nous trouvons comme présentant un intérêt particulier, le rapprochement entre le christianisme et d'autres cultes orientaux qui florissaient à Rome, ainsi que la mise en lumière des traits prophétiques qu'on retrouve dans la pensée d'Eschyle et de Platon.

Le style bizarrement emphatique et ampouleux, et tout de même monotone de l'auteur, son intention manifestement apologétique, l'absence d'une méthode et d'un ordre rigoureux nuisent à l'impression qu'on retire de la lecture de son ouvrage; mais ce qui rend celui-ci attrayant, c'est en plus de la matière même qu'il traite, la chaude conviction que respire chacune de ses pages, la considé-

rable érudition puisée directement aux sources, l'abondance de rapprochements originaux, l'acuité de l'argumentation, l'ingéniosité des interprétations.

Ferrara.

LUDOVICO LIMENTANI

M. WINTERNITZ - *Geschichte der indischen Litteratur:* I. Band. *Einleitung. Der Veda. Die volkstümlichen Epen und die Purâṇas.* II. Band, Erste Hälfte. *Die Buddistische Litteratur. (Histoire de la littérature indienne:* Vol. I: *Introduction. Le Véda. Les poésies épiques populaires et les Purâṇas.* Vol. II, 1ère partie: *La littérature Bouddhique).* « Die Litteraturen des Ostens in Einzeldarstellungen, IX, 1-2) ». C. F. Amelangs Verlag, Leipzig, 1909-1913.

Une science nouvelle qui, comme l'indologie, est née il y un peu plus d'un siècle, est capable d'accomplir en quelques décades des progrès immenses par leur rapidité et par la richesse des résultats; au point que, plus que dans une autre science, on éprouve le besoin de se recueillir de temps à autre, pour réunir en un tableau le travail accompli et en faire, pour ainsi dire, le bilan. Il était donc naturel que les indianistes se fussent plaints depuis longtemps du manque d'un ouvrage où il pussent trouver un exposé synthétique et complet des résultats nouveaux désormais acquis à la science; manque d'autant plus grave que de nombreux numéros du *Grundriss der indoarischen Philol. und Altert.* ne sont pas encore publiés. Un savant de grande réputation et un éditeur aux vues larges ont eu l'idée de combler cette lacune, et nous pouvons saluer aujourd'hui, dans la *Geschichte der indischen Litteratur,* de M. Winternitz, éditée par la maison Amelang, une de ces œuvres qui sont à la fois un monument d'analyse patiente et un modèle de synthèse magistrale.

Le titre à lui seul est tout un programme: histoire de la littérature indienne, et non sanscrite. Parler, en ce qui concerne l'Inde, de littérature « sanscrite » au sens strict du mot, est un non-sens ou, tout au moins, un signe de déplorable unilatéralité scientifique, car les deux autres domaines linguistiques, celui du pâli et celui du prâcrit, doivent être considérés comme des parties intégrantes de la production littéraire de l'Inde. Ce principe, que nous avons déjà soutenu dans cette Revue, M. Winternitz l'affirme dès les premières pages de son ouvrage, qui doit justement à ce principe cette largeur imposante de lignes qui constitue un de ses principaux mérites.

Le premier volume comprend la littérature védique (des Hymnes

aux Upanishads), la littérature épique et celle des Purâṇas; la première partie du deuxième volume (300 pages environ) est consacrée à la littérature bouddhique; la deuxième partie comprendra la littérature classique, la littérature technique (philosophie et science), la littérature jaïnique. Comme on le voit, il s'agit, dans une certaine mesure, d'une histoire par genres, et non par siècles ou époques. Il n'était d'ailleurs pas possible de faire autrement, étant données les difficultés chronologiques: pour beaucoup de productions littéraires de l'Inde, le temps où elles furent composées ne peut être fixé qu'avec une large approximation, et trop nombreux sont les cas où nous devons nous contenter d'établir que tel ouvrage ou telle série d'ouvrages sont antérieurs ou postérieurs à tel ou telle autre; et bien que le développement historique de la littérature indienne apparaisse, dans ses grandes lignes, suffisamment clair, l'exactitude des détails est impossible à atteindre. Il est vrai qu'avec le Bouddhisme nous entrons « in das helle Tageslicht der Geschichte » (dans la lumineuse clarté de l'histoire): mais ces mots ne doivent être acceptés qu'avec beaucoup de réserves: si, en effet, nous manquons pour la période précédente de points de repère certains, nous ne pouvons, pour la période qui commence avec le Bouddhisme, que rendre nos calculs plus rapprochés, fixer et individualiser un plus grand nombre de données et de faits, sans qu'il puisse être question, dans la plus grande partie des cas, de « biographies » d'auteurs, de constructions chronologiques précises et certaines. Les choses étant ainsi, on comprend quelle prudence et quelle sérénité de jugement doit posséder celui qui, écrivant une histoire générale de la littérature indienne, doit revoir et repasser au crible tout l'immense labeur critique accompli pendant environ un siècle par des savants de toutes les nations. La tâche est semée de périls innombrables, dont le premier consiste à donner pour certain ce qu'on croit probable, et pour démontré ce qui n'est encore que vraisemblable. Sous ce rapport, l'ouvrage de M. Winternitz est un exemple de scrupuleuse exactitude et de parfaite objectivité. L'auteur a approfondi toutes les questions et s'est formé, sur chacune d'elles, une opinion personnelle; mais il fournit au lecteur, dans des notes bibliographiques sobres et pondérées, un moyen de contrôle facile. Ces notes ne sont d'ailleurs pas une des moindres qualités du livre: elles permettent de deviner quel travail de lecture, de recherche et de critique l'auteur a dû accomplir, pour choisir et, dans une certaine mesure, consacrer ce qui est vraiment essentiel dans une question, en écartant « il troppo e il vano », qu'il s'agisse d'un article de revue ou d'un volume.

Le caractère varié et complexe de la littérature indienne la rend intéressante, non seulement pour l'historien, mais aussi, et si non plus, pour l'ethnographe, pour le philosophe, pour celui qui se

consacre à l'étude des religions: et beaucoup de lecteurs non indianistes trouveront dans l'ouvrage de M. Winternitz une ample matière d'études et de réflexion. Nous trouvons particulièrement intéressante la première partie du 2e volume, qui traite du Bouddhisme, « cette production de l'esprit indien qui est de la plus grande importance au point de vue de l'histoire universelle », pour nous servir d'une expression de l'auteur, production si à la mode aujourd'hui. Nous ne saurions trop recommander aux *general readers* la lecture de cette partie de l'ouvrage de M. Winternitz, où toute la littérature bouddhiste, en pâli et en sanscrit, canonique et extracanonique (il y est également tenu compte des résultats des dernières découvertes faites dans l'Asie Centrale) est étudiée et résumée avec une érudition et un discernement au-dessus de tout éloge: dons qui méritent d'autant plus d'être mis en relief, qu'il ne manque pas d'exemples de spécialistes ayant exagéré ou mal compris la valeur de tel ou tel document de la littérature bouddhiste.

L'ouvrage fait partie de la collection: « Die Litteraturen des Ostens in Einzeldarstellungen », heureuse entreprise éditoriale, faisant honneur à l'éditeur qui en a eu l'idée et a su choisir, pour la mener à bien, des savants d'une haute et sûre compétence. Le livre de M. Winternitz (dont la dernière partie, nous l'espérons, sera publiée prochainement) est incontestablement un des plus importants de la série, clair et net dans la distribution des matières, élégant et agréable à lire, animé de fréquents résumés ou traductions de passages de textes, choisis parmi les plus importants: le travail de critique patient et laborieux disparaît presque sous la noble facilité de l'exposé. Bref, c'est un livre qui, tout en formant une pierre milliaire sur le chemin des études indianistes, rend aussi accessible au grand public la connaissance du monde indien. Et je crois que lorsqu'il s'agit d'un ouvrage de ce genre, on ne saurait faire de meilleur éloge.

Pavia, Università.

L. Suali

RASSEGNE - REVUES GÉNÉRALES
ALLG. UEBERSICHTEN - GEN. REVIEWS

REVUE GÉNÉRALE DE GÉOLOGIE

PROGRÈS RÉCENTS DE LA GÉODYNAMIQUE INTÉRIEURE.

Les progrès accomplis dans ces derniers temps par la géodynamique intérieure, s'ils sont bien minimes, vu le caractère grandiose des problèmes à résoudre, n'en forment pas moins, aussi bien dans le domaine des observations et des recherches que dans celui de la spéculation théorique, un ensemble qui est loin d'être négligeable.

Parmi les récentes manifestations volcaniques, il faut noter le paroxysme du volcan Taal (Philippines), paroxysme qui, en Janvier 1911, après plus de 300 secousses prémonitoires, a donné lieu à deux énormes explosions contemporaines, sans issue de lave, qui ont déprimé le sol d'une façon reconnaissable à plus de 60 kilomètres de distance (Milne, Pratt). Le paroxysme de l'Etna en 1910-1911 fut en revanche une éruption de type classique, et elle restera parmi les plus intéressantes, moins à cause de son caractère grandiose qu'à cause de l'exactitude avec laquelle elle a pu être étudiée. L'illustration du phénomène, publiée dans un ouvrage complet et organique par l'Institut géologique universitaire et par l'Observatoire géodynamique de Catania, a montré que l'étude de nos volcans n'exige ni moyens extraordinaires ni instituts grandioses, mais l'accord et la collaboration des savants. Le manque de vapeur d'eau dans l'éruption de l'Etna a confirmé les idées émises jadis par Gorini et soutenues récemment par Brun. En analysant le dernier ouvrage de cet auteur, nous avons noté que ses recherches chimiques, qui tendent à refuser toute importance à la vapeur d'eau dans l'activité volcanique, n'avaient pas trait aux phases intenses des éruptions; mais les études sur l'Etna ont montré que l'eau peut faire défaut même au plus fort du paroxysme. Il est vrai qu'on prétend, d'autre part, avoir constaté de grandes quantités de vapeur d'eau dans d'autres éruptions de l'Etna (Schwertschlager), du

Stromboli, du Vésuve etc., et que l'absence de vapeur d'eau reconnaissable n'exclut pas la possibilité de son existence antérieure et de sa dissociation consécutive (Vinassa); mais, dans l'état actuel de nos connaissances, nous pouvons toutefois admettre que tant la vapeur d'eau que l'explosion de gaz magmatiques sont capables de déterminer le paroxysme volcanique.

Hobbs attribue l'origine des laves à la fusion des couches sédimentaires tendres (schistes, argiles) qui ont une composition chimique très analogue à celle des roches volcaniques. Cette théorie troublerait nos idées actuelles sur la constitution de l'écorce terrestre, puisqu'on admet généralement que les roches éruptives proviennent bien de zones superficielles, mais sous-jacentes aux roches stratifiées et d'autant plus profondes que le magma est moins acide. Les idées de Hobbs s'appuieraient sur quelques faits offerts par la distribution géographique des volcans; mais ces faits sont encore susceptibles d'une autre interprétation, et l'identité de composition qui existe entre les roches ignées et quelques roches sédimentaires peut être expliquée en admettant que celles-ci dérivent d'une désagrégation de celles-là. En outre, cette théorie ne s'applique pas aux éruptions ayant précédé la formation de roches sédimentaires ou se produisant là où manque le revêtement sédimentaire; elle ne fait donc que compliquer le problème, sans avoir une portée générale.

L'étude des corps radioactifs a fait naître de nouvelles idées sur les causes du volcanisme et sur la température nécessaire à ses manifestations. On avait essayé en effet (Dutton, Wolff) d'attribuer l'origine de la chaleur à la dissociation du radium contenu dans les masses terrestres; mais cette hypothèse semble se heurter à de graves difficultés, vu que la radioactivité des roches est très faible et que la distribution des volcans et l'évolution de leurs manifestations se montrent indépendantes de la radioactivité des masses lithoïdes contiguës (Landerbach, Kranz).

Aux vieilles idées, on oppose depuis quelque temps que les grands tremblements de terre sont absolument indépendants de la volcanicité. Qu'une séparation aussi nette soit trop absolue, nous n'en voulons pour preuve que les secousses grandioses et étendues déterminées par les explosions volcaniques intenses. A ces faits s'ajoutent aujourd'hui les observations de De Stefani qui en vient à conclure que les tremblements de terre Calabro-Peloritains, au lieu d'être tectoniques, sont en connexion avec le récent soulèvement énergique de la région et avec la volcanicité de la zone comprise entre les îles Lipari et la mer Ionienne. Ces conclusions détruisent une fois de plus la vieille théorie de Suess qui attribuait les tremblements de terre et le volcanisme de l'Italie méridionale et insulaire à un prétendu approfondissement progressif de la

cuvette tyrrhénienne. Tous les géologues italiens ont démontré, au contraire, que l'aire tyrrhénienne méridionale et ses chaînes côtières ont toujours été en voie de soulèvement durant ces dernières périodes géologiques ; et ceci a été confirmé également par de récentes études, postérieures au grand tremblement du 28 décembre 1908 (Baratta, Cortese, Taramelli, etc.). Nous insistons sur ces recherches, parce que l'interprétation erronée de ce problème local constituait le principal appui du système théorique de Suess et elle est encore exposée comme une vérité scientifique jusque dans les traités généraux les plus récents et les plus importants. [1]

Les grands tremblements de terre, de quelque façon qu'on les envisage, ne peuvent être attribués qu'à des causes volcaniques, tectoniques, ou bien magmatiques (intrusions, explosions gazeuses internes, approfondissements de masses magmatiques, etc.). Branca pense, non sans raison, qu'en dehors de ces tremblements de terre et des tremblements locaux dus à des frissons volcaniques, à des abaissements ou affaissements de masses superficielles, d'autres peuvent être produits par la dissociation d'éléments chimiques, par l'aspiration cyclonique ou par différentes autres causes cosmiques. Nous avons enfin les petits frissons qui font vibrer continuellement la surface terrestre, avec des périodes de vibration variant d'une seconde à plusieurs minutes. Se basant sur la période vibratoire, on a pu distinguer de nombreuses espèces de ces microsismes, dus en partie au travail humain, en partie à des causes météorologiques (variations de température et de pression atmosphérique) et au frottement des vents contre la surface des terres émergées, en partie à l'action de la marée et au choc des vagues se brisant contre les côtes rocheuses.

Les hypothèses sur les causes de la sismicité et du volcanisme se rattachent d'autre part aux connaissances et aux théories sur les conditions intérieures du globe et sur les phénomènes orogénétiques.

Les données généralement admises quant à l'augmentation de la chaleur avec la profondeur ont été confirmées par le creusement du puits de Czuchow (Haute-Silésie), qui est le plus profond de tous ceux creusés jusqu'à ce jour, puisqu'il atteint une profondeur de 2240 mètres. Si on ne tient pas compte des premiers 300 mètres, qui subissent l'influence de la circulation d'eaux extérieures, on a une augmentation moyenne de la température qui est de 1° pour 31^{m}, 80 (Michael et Quitzow), ce qui correspond à la moyenne gé-

[1] Le tremblement de Reggio et Messine a été, lui aussi, moins terrible qu'on ne le prétend à l'étranger. Le nombre des victimes n'a pas dépassé 75.000 ; les dommages économiques ne furent pas supérieurs à 600 millions ; les effets dynamiques sur le sol furent assez faibles ; et le choc sismique fut beaucoup moins intense que celui qui secoua l'Asie centrale le 4 janvier 1911.

néralement adoptée. On n'a pas signalé une augmentation du degré géothermique avec la température, bien que cette augmentation paraisse vraisemblable; de toutes façons, la perforation est trop petite par rapport au rayon terrestre, pour pouvoir infirmer les diverses théories sur la température de l'intérieur du globe. Il faut noter, à ce propos, que les hypothèses d'après lesquelles les températures seraient peu élevées aux grandes profondeurs, reçoivent un appui des recherches volcanologiques de Brun; ainsi que Schwarz l'a noté en effet, les énormes quantités de gaz développées par émission ou par explosion des roches magmatiques à des températures relativement basses (le plus souvent inférieures à 1000°) seraient incompatibles avec la présence de hautes températures dans la profondeur, car on ne saurait concevoir une résistance suffisamment formidable pour empêcher le développement des gaz et le reversement du magma à la surface.

On ne doit pas oublier, d'autre part, le nombre immense d'inconnues que présente pour nous tout ce qui est hors de la portée de nos investigations directes. A ce point de vue philosophique, les idées récemment émises par Morosoff sont d'un grand intérêt. Les éléments chimiques que nous connaissons et qui font partie du système de Mendeleïeff, ont-ils toujours existé? Morosoff suppose que durant l'évolution terrestre, d'autres systèmes périodiques ont pu se former successivement, dont se seraient ensuite développés les éléments chimiques actuels de la surface de la Terre et des mondes visibles. On en aurait l'indice dans ces éléments (hydrogène, hélium, coronium, jovium, neptunium, nébulium) qui ne trouvent pas place dans le système périodique de Mendeleïeff. Et on peut supposer que le noyau central terrestre s'est formé, au début de l'évolution du globe, à l'aide d'éléments (et de leurs composés) que nous ignorons et difficilement fusibles; on peut encore supposer que ce noyau est entouré d'enveloppes concentriques dont la rigidité et l'élasticité décroissent par sauts, à mesure qu'elles s'écartent davantage du centre, ainsi que le fait a été prouvé par l'étude des ondes sismiques. Les autres mondes de l'Univers ne seraient visibles que dans cette phase de leur développement où les éléments de notre système périodique, tels que nous pouvons les constater à l'aide du spectroscope, existent à l'état incandescent.

Faisant abstraction de ces inductions purement hypothétiques, ainsi que de la théorie, peu fondée, qui prétend la Terre froide, métallique et uniquement livrée au jeu intense des forces électromagnétiques (Peserico), nous pouvons mentionner un nouveau problème que les récentes recherches physiques ont offert à la sagacité des géologues: il s'agit de la distribution du radium qui, seul de tous les métaux pesants, semble limité à la partie superficielle de la croûte terrestre et localisé de préférence dans les roches granitiques.

Les réserves inépuisables de chaleur, contenues dans les substances radioactives, ont fait naître le doute quant à la probabilité de la contraction terrestre par refroidissement. D'autre part, les études de physique terrestre et la faible élasticité, égale à celle d'une sphère d'acier, que nombre de faits et de considérations (marées océaniques et terrestres, mouvements astronomiques de la Terre, déplacement des pôles, propagation des ondes sismiques) nous forcent à assigner à l'ensemble de notre globe, poussent de plus en plus les savants à imaginer des causes orogéniques, en dehors de la théorie classique du refroidissement. La théorie isostatique, bien que soutenue par un certain nombre d'auteurs, a pourtant contre elle la distribution des anomalies de gravité (Kranz, Lewis). On peut citer, comme se rapprochant d'elle, une théorie développée par Capeder qui recherche les causes premières de l'orogénèse dans le phénomène même de la sédimentation. L'élévation des isogéotermes dans les aires d'intense sédimentation déterminerait par dilatation la formation de vastes plissements anticlinaux submergés. La sédimentation se poursuivant et lorsque le poids des dépôts devient suffisant pour vaincre les résistances élastiques et déprimer les courbes anticlinales, celles-ci se plisseraient à la suite du développement de forces tangentielles intenses, en se pressant contre les obstacles formés généralement par les chaînes plus anciennes. Cette dernière condition indique déjà que la théorie que nous venons d'exposer ne peut être appliquée à tous les cas. Peut-être pourrait-on attribuer une portée plus générale à la théorie développée par Böhm et ayant pour point de départ l'idée du ralentissement progressif de la rotation de la Terre, par suite de l'action frénatrice des marées; le ralentissement déterminerait une contraction et une diminution de l'aplatissement du géoïde, d'où résulterait encore une diminution de la surface, les régions tropicales se rapprochant du centre et les régions polaires s'en éloignant. La diminution de surface nécessaire, les perturbations dans les masses profondes, les différences de mode et de temps avec lesquelles l'océan, les couches superficielles et les couches profondes ressentiraient et suivraient les déformations du géoïde, — tout cela expliquerait non seulement les plissements orogéniques, mais aussi les oscillations des grandes masses continentales.

Et, pourtant, cette théorie, tout en étant bien fondée au point de vue géophysique, n'est pas apte à expliquer tous les phénomènes relatifs à la formation des continents et des chaînes de montagnes. Ces phénomènes apparaissent toujours comme très compliqués et relevant de causes multiples. Aujourd'hui que l'étude des causes possibles a fait des progrès considérables, nous sommes encore loin de pouvoir nous faire idée du rôle exact que chacune d'elles joue et a joué effectivement. Nous ne savons seulement pas

encore quelle est la véritable structure des principaux systèmes de montagnes!

L'activité fébrile qui règne aujourd'hui dans le domaine de la géologie stratigraphique et tectonique nous autorise toutefois à espérer des progrès sensibles dans un avenir peu éloigné; et bien que les phénomènes de la géodynamique intérieure nous soient par leur nature moins accessibles que ceux de la géodynamique extérieure, le vaste champ obscur des hypothèses se trouvera peut-être éclairci, grâce aux nouveaux moyens d'investigation que la physique a mis récemment à notre disposition.

Torino, Politecnico.

MICHELE GORTANI

(Traduit par M. le doct. S. Jankelevitch - Paris).

REVUE GÉNÉRALE D'HISTOIRE

L'ÉVOLUTION DES VILLES.

Depuis l'année 1903, où la « Revue de synthèse historique » imprimait un article de moi sur les problèmes généraux de l'existence urbaine au moyen âge, un grand nombre de travaux d'ensemble ou de détail ont été publiés sur les mêmes problèmes et sur les questions connexes, et il ne sera sans doute pas oiseux de présenter ici le résumé des résultats obtenus par des investigations aussi nombreuses que variées. Notons tout de suite que ces résultats ne s'appliquent qu'à l'Europe occidentale, centrale et méridionale; les antiques civilisations de l'Asie comme les jeunes formations des pays neufs ont été laissées de côté, sans doute à cause de la difficulté d'interpréter des phénomènes ou périmés ou d'une multiplicité irréductible à l'étude, et pourtant ce n'est que d'une analyse complète des phénomènes urbains, dans leurs variétés temporelles ou locales, que les lois du développement urbain pourront être scientifiquement induites.

La difficulté est grande déjà de définir la ville: seront-ce les institutions, le chiffre du budget, celui des habitants, la disposition des maisons ou les fonctions commerciales qui distingueront les villes des villages? Maunier, dans un travail sur lequel nous reviendrons, semble avoir prouvé que c'est par ses fonctions économiques que la ville se différencie des autres agglomérations humaines. Mais l'origine même des agglomérations urbaines n'est pas nécessairement économique. Chez les Grecs, le synœcisme des villages en une *polis* paraît impliquer l'avènement d'un culte régional qui se superpose aux cultes strictement locaux; chez les peuples italiotes, l'*oppidum* fortifié est le prototype de l'*urbs,* et ce sont des nécessités de défense qui paraissent avoir déterminé l'évolution urbaine à ses débuts; chez les Égyptiens, la vie municipale a dû être assez réduite, et c'est avec la domination des Lagides que le mu-

nicipalisme grec s'y est installé. Mais les fonctions économiques, religieuses, politiques et militaires des villes sont étroitement conditionnées par l'habitat géographique. Ratzel et Hassert ont, en Allemagne, systématisé le problème, et, en France, Vidal de la Blache et son école, — P. Dupuy pour Paris, A. Vacher pour Montluçon, Demangeon pour les villes picardes, Blanchard pour Grenoble, Hauser pour Dijon, Joubin pour Montpellier, Levainville pour Rouen, et d'autres encore, — ont trouvé des applications remarquables d'un principe fécond, si bien que, dès le mois de mai 1907, au congrès des géographes allemands de Nurenberg, Oberhummer préconisait la publication de monographies géographiques sur les villes et que Gallois, en France, a tout récemment recommandé ce genre d'études aux géographes. Tout récemment aussi, C. Vallaux notait les rapports de l'hydrographie et de la démographie urbaine, et, dans un remarquable article, C. Jullian montrait Paris déterminé par le rayonnement des routes fluviales au centre de l'Ile-de-France et par la qualité des terres à blé dans cette région. Mais l'histoire des capitales ne doit pas nous hypnotiser; du moins permet-elle d'arriver à distinguer entre elles celles qu'on peut appeler artificielles, dues au choix volontaire d'un souverain ou d'une collectivité, — témoin les capitales des états fédéraux modernes, — et celles dont la naissance a été naturelle. Cette distinction, nous pouvons l'appliquer à toutes les villes: les bastides, les villeneuves, les sauvetés du moyen âge français, les créations coloniales des Allemands en terre slave ne diffèrent que par des détails des villes installées de toutes pièces dans les pays neufs, et, à quelque région, à quelque époque qu'appartiennent ces agglomérations artificielles, elles sont caractérisées par un aspect symétrique, qu'on s'efforce d'ailleurs d'imposer, aujourd'hui, à toutes les agglomérations urbaines dans un souci de police hygiénique et d'uniformité qui n'a peut-être pas été étranger aux fondateurs anciens.

Dans l'histoire urbaine de la partie du monde que nous considérons, deux faits essentiels, dont l'action s'est faite d'ailleurs sentir dans tous les aspects de l'évolution sociale, sont à considérer: d'abord la romanisation, les invasions barbares ensuite. Non qu'il faille reprendre la thèse des romanistes intransigeants, dont on a démontré tant de fois la faiblesse; il ne peut être admis que les institutions municipales romaines se soient transmises, telles quelles, au moyen âge, et les similitudes de titres ne doivent pas nous faire illusion à cet égard. Mais un fait est capital: la fortification des agglomérations urbaines menacées par les envahisseurs, au temps de Probus et de Dioclétien, sauvegarde l'identité des cités, pour reprendre une très juste expression de Clouzot. Cette identité se perpétue, s'affirme avec tant d'énergie, que les exemples sont nombreux de villes doubles, où la « cité » est demeurée, pour ainsi

dire, sans modification, et où s'est accolé à la cité un autre groupement urbain, — faubourg, ville basse, — qui a assuré le jeu des fonctions urbaines normales. Ces fonctions sont d'ordre économique principalement, et c'est ce qui fait que dans les théories présentées, pour expliquer les institutions municipales du moyen âge, par Pirenne, par Vanderkindere, par von Below, par moi-même — par tous ceux, en un mot, qui ont mis en lumière, par quelque biais que ce soit, ces fonctions d'ordre économique, — il y a des éléments de vérité, qui, outre leur valeur explicative particulière, valent pour une synthèse de l'évolution urbaine médiévale. Que dans les faubourgs les « mercatores » aient, avec leurs denrées, importé un droit nouveau qui peut être considéré comme l'embryon du régime municipal, que la production industrielle des villes ait amené l'organisation de marchés, dont dérivera, par la voie d'une police réglementaire, un droit urbain proprement dit, que les paysans aient trouvé à l'abri des vieilles murailles la place nécessaire pour faire leurs échanges et collaborer au mouvement d'émancipation entrepris par les bourgeois, fort peu différents d'eux, d'ailleurs, par la mentalité, les besoins, les désirs, la vie, — toutes ces hypothèses, avancées par des spécialistes un peu trop unilatéraux, s'apparentent par leur base économique. Les centres urbains deviennent des centres capitalistes: le mécanisme de la rente foncière, les bénéfices du commerce et de la banque sont les sources de ce capitalisme qui prend son aspect le plus complet dans les villes maritimes d'Italie, dans les cités de passage d'Allemagne.

Le progrès économique est tel que de nouvelles agglomérations urbaines se forment. Avec les invasions barbares, nombreuses furent les villes qui disparurent, plus nombreuses encore celles dont le périmètre se rétrécit. Avec la renaissance économique qui s'opère, à l'abri de la construction, toute précaire et insuffisante pourtant, de la féodalité, des formations spontanées apparaissent, à côté des monastères qui, au milieu des essarts nouveaux, attirent pélerins et marchands et serviront de centres de peuplement; aux points où l'invention de richesses minérales a permis d'installer des exploitations industrielles, où une économie moins extensive a créé des matières premières assez abondantes pour constituer des stocks, ces formations surgissent, puis se complètent, dans diverses régions, par les créations volontaires des seigneurs qui, nous le notions plus haut, fondent des villes nouvelles, où des privilèges multiples attireront des habitants.

Villes qui remontent à l'empire romain, villes spontanément nées du progrès économique, villes nées de la volonté des hommes dans le but de promouvoir le progrès économique, toutes les agglomérations urbaines ont un caractère commun, celui d'organiser la production et la répartition. Dans la société médiévale, elles rem-

plissent, en matière économique, un rôle pareil à celui des seigneuries en matière politique et gouvernementale; à la poussière des entreprises qui, dans le pré-moyen âge, réalisent la *Naturwirtschaft*, la *Hauswirtschaft*, — dont les caractères ont été si bien analysés par Karl Bücher, — elles substituent des éléments de coordination, et ainsi s'ébauchent des systèmes d'économie régionale, qui évolueront ultérieurement; de même, la féodalité, en hiérarchisant les seigneuries, devait préparer les formations provinciales et nationales.

Le problème de l'évolution des villes a été remarquablement amorcé par R. Maunier, dans un livre qui est un bel effort de synthèse sociologique. Cet auteur s'est efforcé de classer les groupements urbains selon qu'ils appartiennent au type indifférencié ou au type différencié; le premier est formé de divisions locales fonctionnellement indifférenciées, dont chacune est le siège de l'ensemble des fonctions de l'ensemble du groupement et constitue un tout autonome, et ce type présente en général une morphologie segmentaire; dans le second type, les parties du centre différencié se distinguent entre elles par leur nature, et le caractère essentiel du groupement est de se distinguer du plat pays par une économie industrielle, qui subit des localisations et des spécialisations, dont M. Maunier s'est efforcé, sinon de déterminer les lois, du moins de classer les aspects.

Maunier ne pouvait, en traitant strictement de la morphologie urbaine en général, donner une place très grande dans son volume aux phénomènes juridiques, politiques et sociaux qui sont en fonction du processus économique. Son enquête, déjà vaste, aurait alors pris des proportions incalculables, et nous-même, ici, nous ne prétendrons que signaler les ouvrages qui, par leur méthode ou par leurs résultats, méritent d'être retenus pour une étude d'ensemble sur l'évolution urbaine dans les régions considérées.

Ce qui semble établi pour le développement des institutions municipales en Italie est en contradiction formelle avec les thèses du romanisme intégral, continuées et vigoureusement défendues par E. Meyer. Les travaux de R. Caggese, d'Arias, de Solmi, de Fainelli et de Volpe ont montré, par l'analyse de la société du haut moyen âge, que ces institutions plongeaient leurs racines dans cette société éminemment agricole, où des éléments nouveaux allaient être apportés par l'expansion commerciale des cités maritimes et par les interventions politiques des empereurs allemands ou des princes angevins. Tout récemment, Franchini essayait de déterminer dans quelle mesure l'apparition des podestats dans les villes se lie avec la mainmise allemande sur l'Italie septentrionale, et Jordan tentait de démêler la part prise par Charles d'Anjou dans les querelles intestines des cités. Mais ces querelles elles-mêmes, dont l'aspect politique est connu depuis bien longtemps, se montrent sous un jour

singulièrement plus pittoresque et plus réel, depuis qu'on apprécie leur caractère économique: pour Venise et les cités vénitiennes étudiées par Roberti, W. Lenel et F. Ercole, pou rPérouse, pour laquelle Broglio d'Ajano arrive à des précisions remarquables, pour Sienne, dont Luchaire et U. Mandolfo ont présenté l'histoire révolutionnaire, pour Naples, tout agitée de luttes sociales étudiées par Schipa, pour Florence, enfin, dont un grand nombre de travaux, qui se rattachent plus ou moins aux livres célèbres de Davidssohn et Doren, et parmi lesquels il faut citer au premier rang celui de R. Caggese, puis les études, plus spéciales, de G. Renard et de E. Friedmann, ont exposé les vicissitudes économiques et politiques. Il n'est pas jusqu'à Rome, dont l'administration municipale a été étudiée de façon si critique par Halphen et Boüard, où l'on ne retrouve les conflits sociaux, déterminés par des conditions économiques adverses. L'on pourrait énumérer bien d'autres travaux, et, condition essentielle de l'élaboration scientifique en histoire, des publications multiples de statuts et de documents urbains, si notre objet n'était pas de noter seulement les problèmes généraux et les solutions synthétiques, et l'on regrettera seulement que nul savant italien, à ma connaissance, n'ait tenté d'élaborer une théorie d'ensemble, provisoire, mais qui fixât cependant l'aire des questions et le sens des réponses.

Pour la France, de même, nous ne pouvons désigner d'ouvrages où se trouvent ramassées les données éparses établies par les érudits sur l'évolution urbaine. En effet, on ne peut considérer comme possédant le caractère défini plus haut de synthèse scientifique le livre de Luchaire sur les *Communes françaises*, dont Halphen a donné une seconde édition à peine modifiée; on a justement observé que, négligeant par prétérition le problème des origines, il n'a approfondi ni le droit, ni l'économie, et son livre, essentiellement descriptif et « politique », possède une signification fort réduite. Et pourtant, il y a, tout au moins, dans la littérature historique française, des amorces de synthèse dans les travaux concernant les institutions municipales de régions définies ou la parenté des chartes communales. Si, le plus souvent, dans ces analyses historiques, c'est le point de vue juridique qui prédomine, on s'est parfois efforcé de mettre en lumière les conditions sociales et économiques qui ont permis à certaines organisations de se réaliser: ainsi moi-même ai-je tenté de démontrer que les villes du nord-est et de l'est de la France qui avaient adopté la charte de Soissons relevaient toutes d'une économie agricole qui les différenciait à peine du plat pays environnant. C'est encore le souci de démêler les causes économiques qui anime les beaux travaux de Maugis sur Amiens, — la cité même par l'étude de laquelle commença Augustin Thierry, quand il s'adonna à l'histoire des villes françaises, — et de Legras

sur Caen. Il est regrettable que ce souci soit indistinct chez la plupart des historiens, — sauf peut-être Foëte, — qui se sont attachés à raconter le passé de Paris, dont l'évolution corporative a été retracée, en dehors de France, après Eberstadt, par Gallion. Paris est important par lui-même, et aussi comme centre du pouvoir royal: les rois par la pratique du « droit d'appel » des cas royaux, — si bien étudiés par E. Perrot, — et l'extension de la « bourgeoisie » royale, vont trouver en effet des éléments nationaux dans toutes les villes et dans toutes les seigneuries, au moment où la faillite des finances communales ruine les institutions municipales et permettra l'introduction dans les centres urbains d'agents gouvernementaux, de liquidaion d'abord, ensuite d'administration.

La similitude du développement constitutionnel et national en Italie et en Allemagne est un fait qui a souvent frappé les historiens. L'évolution urbaine allemande a naguère été l'objet de travaux capitaux, que j'ai signalés ailleurs, et auxquels on ne peut en somme ajouter que celui de Preuss. Preuss a bien montré que le développement des villes en Allemagne est caractérisé par une différenciation fonctionnelle qui les distingue des campagnes; mais, en organisant leurs institutions d'après des principes nouveaux, les villes se sont heurtées aux princes, chefs de l'organisation féodale à laquelle les campagnes étaient soumises, et sont entrées ainsi en un conflit qui, d'ordinaire, a fini, au XVI[e] siècle, par leur défaite, mais a du moins empêché la formation progressive de l'unité nationale. Ce qui fait l'intérêt de la systématisation de Preuss, c'est le souci d'étudier le processus politique en fonction de l'évolution juridique et économique, et l'on peut dire que le même souci se retrouve dans les courtes synthèses de Sieveking et de Heil, comme dans les travaux consacrés à la plupart des grandes cités de l'orbe germanique: Bâle, Constance, Fribourg, Mulhouse, Strasbourg, Cologne, Francfort, Munich, et les villes de la Bavière autrichienne, Augsbourg, Nurenberg, Prague, et tant d'autres encore! Les historiens allemands ne se contentent plus de décrire les rouages politiques et les institutions judiciaires, d'étudier le fonctionnement des corporations marchandes ou ouvrières; ils s'attaquent à des phénomènes, dont les notations numériques facilitent l'interprétation scientifique, — comme les phénomènes de démographie urbaine, — ou, dans un bel effort de coordination dont G. von Below a été l'initiateur, abordent dans son ensemble la politique alimentaire des villes, ou, comme l'a fait H. Bächtold, les aspects multiples du commerce tudesque. Base de colonisation allemande dans le domaine des Slaves, les villes, dans les vieux pays de la Suisse et des bords du Rhin, sont des centres de formations territoriales provisoires ou définitives.

En Belgique, les influences françaises et allemandes ont pu s'exercer sur l'évolution urbaine; du moins la formation des villes,

dans ces régions où l'action romaine a été nulle ou précaire, a-t-elle été originale. C'est peut-être ce qui a déterminé l'apparition dans les milieux scientifiques de ce pays de théories originales aussi, au surplus singulièrement suggestives, sur l'origine et le développement des cités. Ces théories synthétiques se groupent autour des travaux bien connus de L. Vanderkindere et de H. Pirenne. Pour Vanderkindere, le droit urbain n'est que l'adaptation du droit de la communauté rurale à une société de marchands, et l'on aurait tort de généraliser ce qui peut être vrai pour certaines agglomérations où l'évolution a été exceptionnellement brusque et intense, comme à Bruges, Gand, ou Ypres. Pour Pirenne, les villes flamandes se réfèrent toutes à un type commun, — la juxtaposition d'une forteresse *(castrum)* et d'une agglomération marchande *(portus)*, — et c'est le droit marchand *(jus mercatorum)* qui est à la base des revendications et des institutions communales. Il n'y a peut-être pas entre ces deux théories une antinomie aussi profonde qu'il semble tout d'abord; du moins l'une et l'autre soulignent le facteur essentiel, le facteur économique, tant dans la formation des groupements urbains que dans l'évolution de leur morphologie et de leurs institutions, et ce facteur se retrouve mis en lumière dans les monographies consacrées aux villes belges, — Liège, Bruges, Gand, Malines, — et aux agglomérations entre la Sambre et la Meuse.

Très tôt, dans les villes flamandes, fabricantes de draps, s'est fait sentir l'influence de l'Angleterre, productrice de laine. Inversement, il n'y a guère de possibilité d'admettre que les institutions municipales anglaises se soient modelées sur les institutions flamandes. Malheureusement, il n'y a pas, en Angleterre, d'auteur qui se consacre spécialement à l'étude comparative des villes. Depuis que miss Bateson, qui avait tant fait pour promouvoir cette étude, a disparu, il n'a été publié, à ma connaissance, aucun travail d'ensemble sur les cités anglaises, et l'on en est réduit aux quelques pages, d'ailleurs suggestives, ajoutées par Petit-Dutaillis à sa traduction de l'ouvrage de Stubbs, pour apprécier l'évolution municipale en Angleterre. On ne notera donc ici que les livres ou articles qui ont eu pour objet les grandes villes, Londres, Liverpool, Cambridge, Oxford, Leicester, Manchester, ou le peuplement des villes irlandaises et écossaises; mais, quelle que soit la valeur de ces travaux, on trouvera dans tous des éléments à l'appui de la thèse que nous avons formulée, c'est que la formation et le développement des cités ont été déterminés principalement par des causes ou des conditions économiques.

Ces causes et ces conditions économiques devaient avoir sur la société urbaine les effets qui expliquent, en dernière analyse, la destruction des villes comme organismes clos. Sans doute, hors des villes, des facteurs puissants ont joué, qui ont préparé et couronné

leur intégration progressive et totale dans des formations territoriales et sociales nouvelles; qu'il s'agisse des villes italiennes, devenues les capitales de principautés assez fortement individualisées pour retarder longtemps la création d'un état unitaire; — des villes allemandes, les unes conservant leur forte personnalité jusqu'aux temps modernes, les autres incorporées par la force dans les *Polizeistaaten* princiers; — des villes françaises, flamandes ou anglaises, fondues, selon des modalités diverses, dans des unités plus ou moins provisoires et absolues, — dans toutes, la forte homogénéité des premières années de la vie communale a disparu. La division du travail économique a amené la constitution de classes sociales, qui, solidement organisées en groupes corporatifs, ont prétendu exercer tour à tour et au détriment les unes des autres l'autorité politique: de là, les mouvements révolutionnaires qui agitent perpétuellement les républiques urbaines au XIVe et au XVe siècles; de là, l'appauvrissement des finances et la déviation de la justice municipale; de là, — remède nécessaire, — l'arbitrage exercé entre les partis aux prises, au dedans des villes, par les tyrans du type italien, du dehors, par les rois ou princes du type français, anglais ou allemand. La dissociation interne des cités a pu être, dans certains cas, activée par des conditions particulières: pour les villes de la hanse, par l'ouverture de routes maritimes nouvelles, pour celles de l'Allemagne méridionale, par les changements d'itinéraires des banquiers et des marchands. Il n'en reste pas moins vrai que cette dissociation est avant tout le résultat de phénomènes, dont la vérification se trouvera tout entière dans l'étude des finances, de la démographie et des institutions corporatives urbaines. Puisse le rapide exposé que nous avons présenté légitimer suffisamment le cadre de ce programme d'études et ne pas paraître trop figé dans un formalisme érudit aux membres des « Congrès des villes », qui élaborent les principes du développement futur de l'urbanisme.

Paris.

GEORGES BOURGIN

RIV. DELLE RIV. - REVUE DES REVUES
ZEITSCHR. UMSCHAU - REVIEW OF REVIEWS

American Journal of Sociology - (Juillet 1913). — « JOHN E. BOODIN, *The existence of social minds» (Existence d'esprits sociaux).* — La *psyché* sociale peut devenir immortelle, lorsqu'elle représente des fins universelles et exprime clairement et distinctement des types humains fondamentaux. C'est ainsi que, malgré les vicissitudes des temps, l'esprit grec, juif, romain, médiéval, durent et subsistent toujours en tant qu'éléments vitaux qui, incorporés dans la langue, la tradition, l'art, dans les institutions et les symboles religieux, vivent d'une vie individuelle et contribuent à l'évolution historique, alors que les hommes qui les ont créés ont disparu depuis longtemps de la scène de l'histoire. C'est en ce sens qu'on peut dire que la *psyché* sociale est soumise à la loi de la survivance. F. S.

Anthropos - (Mars-Juin 1913). — « ABBÉ JOSEPH TFINKDJI, *Essai sur les songes et l'art de les interpréter* ». — Ceux qui excellèrent dans l'interprétation des songes (onirocritie) furent les mages et les chaldéens et tous les astrologues de la Perse et de la Mésopotamie, qui cultivaient cet art avec le plus grand soin. L'onirocritie faisait partie de l'ensemble des sciences occultes et magiques qu'ils professaient. Un auteur anonyme du VII[e] siècle de notre ère nous a laissé, en langue araméenne, une page intéressante et une description assez curieuse sur la manière dont les mages de son temps expliquaient les songes. Celui, dit-il, qui avait eu un songe dont il voulait la signification, devait se ceindre le front d'un bandeau de lin blanc, se laver la figure et mettre ses plus beaux habits avant de se présenter devant le mage. Le songeur se présentait à la demeure du mage, et devait s'asseoir devant le mage qui

tenait en sa main sa baguette divinatoire et magistrale, les mains derrière le dos en signe de soumission et de subordination. Le mage se tenant debout lui demandait d'où il venait, son nom, le nom de sa mère, son métier, etc. Le songeur répondait exactement et racontait finalement sa vision. Le songe entendu avec toutes ses circonstances, le mage traçait de son bâton un cercle heptagone d'après le nombre des jours de la semaine et des sept grands astres: sur ces cercles le mage écrivait des signes énigmatiques, posait au songeur toutes les interrogations nécessaires, et après avoir consulté ses livres mystérieux, il donnait finalement, en tenant son bâton, l'interprétation désirée, récompensée toujours par un présent assez riche. Dans le cas où l'interprétation était de mauvais augure, le songeur se recommandait à la protection du mage. F. S.

Archiv für die gesammte Psychologie - (XXIX, 1-2). — « GUSTAV KAFKA, *Über die Grundlagen und Ziele einer wissenschaftlichen Tierpsychologie» (La base et le but d'une psychologie animale scientifique).* — On ne peut pas refuser à la psychologie animale un caractère scientifique pour cette seule raison que ses données ne sont pas accessibles à une observation immédiate: les manifestations psychiques de nos semblables ne se prêtent pas davantage à une observation immédiate, et le fait qu'elles peuvent nous être communiquées par le langage n'ajoute pas grand'chose à leur certitude. Si l'observation immédiate était l'unique condition de la certitude, il faudrait refuser tout crédit aux hypothèses sur l'intérieur de la Terre ou sur la partie invisible de la Lune, puisque ces hypothèses ne peuvent pas être contrôlées par l'expérience. Mais si nous admettons la légitimité d'hypothèses de ce genre, nous devons aussi admettre celle de la psychologie animale, à condition que celle-ci s'en tienne strictement, comme à son unique base, aux données de la recherche objective. S. J.

Bulletin de l'Institut de sociologie Solvay - (16 Octobre 1913). — « G. DE LEENER, *Sur un exemple de dissociation d'un système de doctrines à la suite de changements dans le milieu social* ». — Sur la foi dans la concurrence a reposé pendant une grande partie du XIXe siècle tout un système de doctrines, qui se sont incorporées dans la législation de la plupart des pays. Cette foi répondait, d'ailleurs, aux conditions du milieu social. Mais, aujourd'hui, les doctrines élaborées sont ébranlées. Comment ce changement s'est-il produit? Pour expliquer l'hésitation qui a surgi dans les esprits au sujet de la concurrence, on doit établir le contraste entre les avantages impliqués dans la théorie de la libre-concurrence et la réalité des faits. En premier lieu, la concurrence semblait devoir être le seul pouvoir régulateur des prix. Or, on observe que la coopération et l'ac-

cord des intéressés sont seuls en état d'assurer ce résultat. C'est ce que montrent quantité d'observations empruntées à la réalité de la vie économique actuelle aux États-Unis. D'un autre côté, il ne pouvait y avoir de meilleur stimulant au progrès de la production que l'action de la concurrence. Et, cependant, de très grands progrès techniques ont été réalisés en l'absence de ce soi-disant stimulant. Enfin, la concurrence devait être un moyen d'« éducation de la communauté dans le sens d'un égoïsme rationnel »: elle a développé, au contraire, un « individualisme irrationnel et belliqueux, aboutissant à des combinaisons et amalgamations artificielles ». De tels faits doivent évidemment aider à la dissociation du système de doctrines qui avait la libre concurrence comme noyau. Dans la situation présente, les contradictions abondent au sujet du régime industriel le mieux approprié aux exigences générales, et un nouveau système de doctrines est sans doute en gestation. Le doute seul qui règne actuellement quant à la nature du meilleur régime industriel suffit à révéler la dissociation de l'ancien système de doctrines. F. S.

Open Court - (Octobre 1913). — « JOSIAH ROYCE, *Primitive ways of thinking. With special reference to negation and classification* » *(Les procédés primitifs de la pensée, en ce qui concerne principalement la négation et la classification).* — L'auteur de cet article s'occupe plus particulièrement de l'institution du tabou et trouve que ceux qui l'ont étudié jusqu'ici s'en sont fait une conception trop étroite, en lui attribuant une signification uniquement religieuse et morale. Loin d'avoir servi d'obstacle au progrès du savoir humain, le tabou a été pour la pensée primitive un moyen de s'orienter dans la réalité, d'en acquérir une connaissance approchée. Le tabou exprime d'abord un des principes fondamentaux de la pensée humaine: le principe de la négation, principe en vertu duquel nous disons « non » à une chose, pour opposer, à l'occasion, à cette première négation une deuxième, tout comme le Néo-Zélandais écarte le tabou à l'aide d'une incantation spéciale. Nous retrouvons cette même tournure d'esprit qui caractérise le tabou dans certaines pratiques de l'école Pythagoricienne, et une expression significative nous en est fournie par la légende qui attribuait une fin violente à ce disciple de Pythagore qui a révélé au vulgaire, par la *reductio ad absurdum,* le mystère de l'existence de grandeurs irrationnelles. Mais le tabou a encore été pour la pensée primitive un moyen de division et de séparation, en ce qui concerne par exemple la détermination des limites de propriétés et de droits, un moyen de classification des faits sociaux et des actes se rapportant aux différents arts primitifs, un moyen de généralisation des observations relatives aux phénomènes naturels. Toutes ces divisions, classifications et généralisations s'inspiraient certainement de la source de la superstition;

mais le tabou n'en doit pas moins être considéré comme un grand éducateur intellectuel de l'humanité, qu'il a préparée à réfléchir plus tard sur les lois et classes naturelles. S. J.

Psiche - (Juillet-Août 1913). — « ROBERTO ASSAGIOLI, *Gli errori degli scienziati* » *(Les erreurs des savants)*. — Ce n'est pas une étude gnoséologique que l'auteur nous donne dans cet article, mais une simple énumération des erreurs auxquelles les savants peuvent être sujets: erreurs d'observation, erreurs d'interprétation, erreurs logiques, soit par généralisation arbitraire, soit par abus de l'analogie (cet abus étant souvent dû à un excès d'imagination), erreurs par usage erroné et inconsidéré du concept de cause (erreur d'appréciation ou de perspective, erreur qui peut être exprimée par la formule *post hoc, ergo propter hoc,* erreur découlant de l'arrêt à l'antécédent immédiat ou le plus prochain), erreurs dues au langage, à l'ambiguïté des termes, erreurs découlant de la tendance aux pseudo-explications verbales, de réductions illégitimes, de tendances ou réactions affectives (misonéisme, néophilie), erreurs donnant naissance aux théories simplistes, erreurs professionnelles. Toutes les erreurs ne sont pas également nuisibles; quelques-unes peuvent même être utiles, soit en favorisant des découvertes imprévues, soit en suscitant un travail fécond de critique et de recherche. Les théories simplistes et les pseudo-explications sont les plus dangereuses des erreurs, par la fausse sécurité qu'elles procurent et parce qu'elles nous cachent la complexité des choses. S. J.

Revue Anthropologique - (Octobre 1913). — « J. L. DE LANESSAN, *Les facultés intellectuelles et morales des animaux et de l'homme, d'après Buffon* ». — Buffon réservait les facultés intellectuelles à l'homme et en faisait l'attribut d'une âme spirituelle; mais il mettait lui-même en lumière la vanité de cette conception, en décrivant chez les animaux, comme des phénomènes purement mécaniques, tous les actes que, chez l'homme, il attribuait à l'âme. Le tableau que Buffon a tracé des phénomènes d'ordre moral chez les animaux s'applique également à l'homme. « Les animaux, dit-il, ont comme nous de la douleur et du plaisir; ils ne connaissent pas le bien et le mal, mais ils le sentent ». Il note justement que les animaux, « par l'exercice de leurs sens, acquièrent en peu de temps les habitudes non seulement d'éviter les rencontres oppressantes et de s'éloigner des choses nuisibles, mais même de distinguer les objets qui leur conviennent et de s'en approcher ». Refusant à l'animal l'âme dans laquelle il faisait résider, chez l'homme, les facultés intellectuelles et morales, Buffon se trouvait contraint par la logique de refuser aux animaux les plaisirs de la pensée. Il laisse en outre percer sa préoccupation de toujours distinguer, au point de vue de la cause, les phé-

nomènes d'ordre intellectuel ou moral qui se produisent chez les animaux de ceux que l'on observe chez l'homme. Chez les premiers tout est mécanique, chez le second tout serait spirituel; mais, en même temps, il s'attache, comme pour se contredire lui-même, à mettre en relief l'analogie qui existe entre les passions ou les émotions et les sentiments des animaux et ceux de l'homme. F. S.

Revue des Deux-Mondes - (15 Août 1913). — « CH. RICHET, *Les causes finales en biologie* ». — Il n'y a pas lieu de revenir à des thèses métaphysiques périmées, mais on doit ne pas repousser une hypothèse capable d'éclaircir des phénomènes obscurs. La vie, avec sa force de développement, les données de l'anatomie, de la physiologie et de la pathologie, — par exemple le fonctionnement de la vue, le mimétisme, la phagocytose, l'autotomie, l'anaphylaxie, la glycémie, etc. — démontrent que tout se passe comme si tout était « voulu ». Il est évident qu'il y a, pour tous les phénomènes biologiques, l'action de forces naturelles; mais, en outre, il peut y avoir une direction générale incluse dans ces forces et réalisant une finalité. Hypothèse, la finalité peut rendre des services éminents dans l'enseignement de la biologie. L'anthropocentrisme de Bernardin de Saint-Pierre, les exagérations finalistes de Galien ne doivent pas nous faire perdre de vue ce qu'il y a de justifié dans cette hypothèse. G. B.

Revue Hebdomadaire - (29 Novembre 1913). — « J. MOREL-RÉVOIL, *État actuel de la télégraphie sans fil* ». — Les oscillations électriques ont le même mode de propagation que celles de la lumière, elles peuvent être réfléchies ou réfractées; mais les ondes lumineuses sont bien plus courtes. Grâce à la réduction scientifique des ondes électriques, on a pu arriver à la théorie de la télégraphie sans fil, basée sur les principes de cohération et de syntomisation. Les constructeurs ont adopté les dispositifs les plus divers. Mais ils prévoient de nouveaux perfectionnements: l'utilisation de longueurs d'ondes de plusieurs dizaines de kilomètres, la suppression qui s'ensuivra des perturbations causées par les décharges atmosphériques, à ondes beaucoup plus courtes, l'emploi d'alternateurs industriels moins coûteux et moins délicats que les appareils actuels, la suppression de l'étincelle électrique, dont les effets calorifiques absorbent une grande partie de l'énergie, l'émission de 20.000 ondes par seconde, permettant d'entrevoir la téléphonie sans fil dans un avenir assez proche. G. B.

Revue d'Histoire et de littérature religieuse - (Novembre-Décembre 1913). — « A. LOISY, *Mithra* ». — Rite agraire comportant le sacrifice d'un taureau, le culte de Mithra s'est enrichi de mythes

cosmogoniques et eschatologiques qui en ont fait, au IIIe siècle, un redoutable adversaire du christianisme. Les mystères, comportant sept degrés, exigeant des épreuves assez dures des candidats, étaient caractérisés par l'oblation d'un pain et d'un breuvage, — sans doute l'haoma du rituel avestique, — qui a beaucoup étonné les écrivains chrétiens; ils avaient lieu dans des chapelles voûtées à l'image des cavernes du culte primitif, en présence de bas-relief qui rappelaient les principales scènes de la vie de Mithra. L'initiation avait pour but de faire participer à l'immortalité les initiés mithriaques, qui paraissent avoir eu des qualités morales supérieures à celles des initiés des autres mystères. G. B.

Revue du Mois - (10 Septembre 1913). — « ALBERT DAUZAT, *La géographie linguistique ou la géologie du langage* ». — Science nouvelle liée à l'étude des patois et aux travaux de Gilliéron, la géographie linguistique complète et rectifie la méthode classique, basée sur la phonétique et la sémantique. Elle ne s'occupe pas de l'origine des phonèmes, mais de leur distribution géographique, de leurs migrations, des altérations subies dans leur forme et leur sens par suite de ces migrations. La plupart des changements subis se rattachent au mécanisme de l'association des idées, mais ont joué dans des conditions sociales qu'il convient de déterminer: éliminations causées par l'homonymie, influence des langues supérieures, fausses étymologies populaires, dédiminutivisation, tels sont les principaux phénomènes que cette science étudie. Elle a déjà prouvé que la propagation des termes se fait non au hasard, mais selon les grandes voies naturelles, et en fonction des événements politiques et sociaux. G. B.

Revue de Paris - (15 Juillet 1913). — « J.-P. LAFITTE, *L'homme de la Chapelle-aux-Saints* ». — Trouvé le 3 août 1908 dans une grotte de la Corrèze, conservé maintenant au Muséum, ce squelette, en bon état de conservation, est du type néanderthalien. Les mensurations faites démontrent qu'il réunit des caractères épars d'un côté chez des singes de types très divers, de l'autre chez de nombreuses races humaines actuelles; c'est le squelette d'un grimpeur, se rapprochant des singes à queue (cfr. l'hypothèse de Cope et de Klaatsch); le cerveau, d'après le moulage du crâne, se rapproche du cerveau des anthropoïdes, mais la scissure de Sylvius y est déjà compliquée, et sa dissymétrie prouve que l'homme était droitier; cette caractéristique correspond sans doute à une polarisation religieuse ou sociale, qui se rattache peut-être à une forme déjà évoluée de l'esprit des « primitifs ».

— — (15 Août 1913). — « L. HOULLEVIGUE, *Le problème de l'heure* ». — L'heure astronomique est déterminée dans chaque ob-

servatoire par les observations d'étoiles, dont les passages au méridien sont constants. Mais les horloges « garde-temps » sont soumises à des variations de température et de pression, et à de multiples conditions qui causent leur désaccord avec les mouvements stellaires. L'heure, d'autre part, est locale, ce qui est gênant pour le perfectionnement des communications; le système de l'heure nationale a des avantages compensés par beaucoup d'inconvénients; l'heure universelle est impossible, avec notre habitude de tout régler sur le Soleil. De là l'adoption des 24 fuseaux horaires, valant pour 15 degrés, et simplifiant le rapport entre les horloges des différents fuseaux (heures « rondes »). Le méridien de départ est celui de Greenwich. Pour régler l'heure dans chaque fuseau, la télégraphie sans fil est l'instrument par excellence; Paris est le centre horaire initial; la Tour Eiffel émet matin et soir trois tops horaires sur lesquels les horloges sont partout réglées. La Conférence internationale de l'heure, tenue à Paris en octobre 1912, a réglé les conditions où cette émission serait faite: elle l'est à un dixième de seconde près. Les centres horaires sont, en dehors de Paris, San Fernando (Brésil), Arlington près Washington, Manille, Mogadiscio (Somalie), Tombouctou, Sweddeich, Massaouah, San Francisco. La mesure des longitudes se fera, grâce à la méthode instaurée, dans les meilleures conditions possibles, et l'on pourra constituer une science géodésique très poussée, tenant compte des modifications survenues dans la croûte terrestre. G. B.

Revue Scientifique - (27 Septembre 1913). — « CHARLTON BASTIAN, *La génération spontanée. Sa réalité et ce qu'elle implique* ». — La génération spontanée n'implique pas la création *ex nihilo,* mais la persistance de l'action des mêmes causes physico-chimiques qui, d'après les évolutionnistes même les plus convaincus, ont présidé aux débuts de la vie sur notre globe. Lorsqu'on voit, dans des tubes ne renfermant primitivement que des substances inorganiques et soumis trois fois par jour, pendant vingt minutes chaque fois, à l'action d'une température de 100° C., apparaître des bactéries, des torules, des germes cryptogamiques et des moisissures rudimentaires, on est bien obligé d'admettre que ces organismes se sont formés par génération spontanée, par Archébiose. Et c'est ce qui s'est produit dans de nombreuses expériences de l'auteur, expériences dont la rigueur scientifique serait, d'après lui, au-dessus de tout soupçon. Mais, si on admet l'Archébiose, on doit également admettre l'Hétérogénèse, c'est-à-dire les transformations de la matière vivante préexistante. C'est en effet l'Hétérogénèse qui fournit la meilleure explication d'une foule de faits qui sans elle ne sont compréhensibles qu'avec le secours d'hypothèses plus ou moins arbitraires. Parmi ces faits, citons l'énorme distribution et l'existence

actuelle sur la surface du globe d'organismes inférieurs de toute espèce: « ce n'est pas toujours, ainsi que le dit G. H. Lewis, l'attache héréditaire, mais l'uniformité des lois organiques agissant dans les conditions uniformes », qui peut expliquer l'existence de types vivants persistant jusqu'à aujourd'hui à travers les longues périodes géologiques. En outre, si on admet l'Archébiose et l'Hétérogénèse comme s'effectuant d'une façon continue, le temps nécessaire pour l'apparition de toutes les formes vivantes sur la Terre n'a plus besoin de ces dizaines et centaines de millions d'années qu'exige l'évolutionnisme darwinien.

— — (11 Octobre 1913). — « H. C. JONES, *L'influence de la pression osmotique sur le développement de la chimie physique* ». — La géniale découverte de van't Hoff, complétée par les travaux d'Arrhenius, a exercé sur le développement de la chimie physique une influence décisive. Des trois états de la matière, c'est l'état gazeux qui a été jusqu'ici le plus connu; or, en montrant que la pression osmotique obéit aux mêmes lois que la pression des gaz (lois de Boyle, de Gay-Lussac et d'Avogadro), van't Hoff a dissipé l'ignorance dans laquelle on se trouvait avant lui relativement à l'état liquide de la matière. Il a fourni ainsi une théorie aussi complète que possible des solutions, et pour comprendre l'importance de cette théorie, il suffit de songer que, si l'on donne à la solution son sens le plus vaste, qui est celui de matière mélangée à de la matière, ce n'est pas seulement en chimie, mais aussi en biologie, en géologie et dans un grand nombre d'autres sciences que les solutions jouent un rôle primordial. La pression osmotique nous permet encore d'expliquer le phénomène de la diffusion, l'une et l'autre obéissant aux mêmes lois. Or la diffusion est également d'une importance capitale, car sans elle il serait impossible de maintenir les diverses parties d'une solution à la même concentration pendant un temps appréciable, et sans la propriété que les solutions possèdent de rester homogènes ou constantes, toutes les méthodes volumétriques de la chimie seraient réduites à néant, et la biologie expérimentale n'aurait pu espérer obtenir ce qu'elle a déjà acquis.

— — (25 Octobre 1913). — « ÉMILE JUNGFLEISCH, *Les études de Marcellin Berthelot sur l'histoire de la chimie* ». — Berthelot n'a pas seulement été un des plus grands chimistes du siècle dernier; sa culture encyclopédique et humaniste et le milieu intellectuel dans lequel il vivait ayant développé chez lui le goût pour les études historiques, il a consacré aux recherches de ce genre une grande partie de son activité et a laissé sur l'histoire de la chimie des travaux d'une valeur durable. Dans le premier de ces travaux, paru en 1885 et consacré aux *Origines de l'Alchimie,* il établit les origines mystiques, égyptiennes, babyloniennes, chaldéennes, juives, grecques, latines et arabes de l'Alchimie. Ce travail est suivi, en

1887, d'une *Collection des anciens alchimistes grecs,* dans laquelle se trouvent collationnés 14 manuscrits grecs, parmi lesquels le manuscrit 299 de la Bibliothèque Saint-Marc, de Venise, datant du x[e] siècle, et le manuscrit 2327 de la Bibliothèque Nationale, de Paris, datant du xv[e] siècle. En 1899, Berthelot publie une *Introduction à l'étude de la Chimie des anciens et du moyen âge,* dans laquelle on trouve, entre autres, une traduction, avec commentaire détaillé, du Papyrus X de Leyde. L'ouvrage sur l'*Alchimie au moyen âge* avait paru en 1893; il se compose de trois volumes: *Essai sur la transmission de la science antique au moyen âge, Alchimie syriaque* et *Alchimie arabe.* L'auteur y montre que la science antique s'est transmise aux Occidentaux non seulement par les Arabes, mais encore, et peut-être surtout, par le monde latin; quant aux Arabes eux-mêmes, ils n'ont peut-être connu l'alchimie grecque que par l'intermédiaire des médecins syriens de Bagdad. Citons encore, parmi les autres travaux historiques de Berthelot, celui sur l'*Archéologie et l'histoire des sciences* et enfin sa célèbre étude sur la *Révolution chimique* opérée par Lavoisier. S. J.

Revue internationale de Sociologie - (Août-Sept.-Octobre 1913). — « E. KRUMME, *Du libéralisme classique à l'individualisme social. La place de John Stuart Mill dans l'histoire des doctrines économiques* ». — Personne n'ignore que la vie de J.-S. Mill a été bouleversée par une révolution psychologique, provoquée par M.[me] Taylor, une femme supérieure, qui a ébranlé ses convictions et a saisi d'une main de fer l'ancien maître de l'école économique libérale pour en faire un des champions des tendances radicales. A cette évolution de la pensée de Mill, l'auteur vient de consacrer un travail consciencieux. L'individualisme, comme l'entendait Mill, et sa conception de la propriété privée, lui défendaient d'admettre comme base, pour toute réforme sociale, les formes actuelles de production et la conservation des classes existantes à intérêts opposés. Mill en appelait à l'énergie individuelle; la propriété privée ne pouvait être pour lui que la récompense de l'effort individuel. Il ne pouvait donc être socialiste de la chaire, comme il ne pouvait être socialiste dans le sens étroit du mot. Pour Mill, l'égalité économique de tous n'était pas le but final du mouvement social. Ce qui lui importait avant tout, c'était d'assurer l'égalité du point de départ, comme seul moyen de permettre à tous de développer l'individualité propre dans son indépendance; c'est à elle qu'il en appelle pour devenir le précurseur de tout progrès, non pas dans un intérêt égoïste, mais pour le plus grand bien de l'espèce humaine entière. F. S.

Rivista di Filosofia - (Septembre-Octobre 1913). — « ENRICO MORSELLI, *I limiti della coscienza* » *(Les limites de la conscience).* —

La psychologie positive démontre que la conscience est une qualité qui caractérise un certain groupe de phénomènes intérieurs de l'être vivant, qu'elle est déterminée par des conditions anatomiques et physiologiques bien définies; et qu'en ce qui concerne les origines de la vie, l'existence de la conscience peut être posée par analogie, mais sans que nous réussissions à la rendre tout à fait compréhensible. La psychologie empirique nous montre que la conscience est limitée dans le temps et dans l'espace et que c'est une prétention vaine que de vouloir l'amplifier à l'aide de procédés introspectifs, uniquement subjectifs, alors que la réalité extérieure la pénètre et la restreint de toutes parts. La psychologie positive nous dit que la seule et véritable amplification de la conscience humaine, individuelle et collective, s'opère dans l'intellect qui nous fait percevoir et comprendre aussi bien les faits extérieurs que les faits intérieurs; c'est l'Idée qui domine et dirige notre activité pratique et qui, par cela seul, constitue la Raison. F. S.

Science Progress - (Octobre 1913). — « CHARLES WALKER, *The Study of Heredity* » *(L'étude de l'hérédité)*. — Dans ce bref, mais substantiel article, l'auteur passe en revue, à propos de quelques travaux récents, quelques-uns des problèmes les plus actuels se rattachant à l'hérédité. En ce qui concerne tout d'abord l'hérédité mendélienne, M. Walker croit qu'elle ne peut s'appliquer qu'aux caractères individuels et les plus récents et qu'elle n'a aucune prise sur les caractères raciaux et vraiment organiques. Passant ensuite à la question de la variation, M. Walker s'étonne que tant de biologistes se soient donné la peine d'en rechercher les causes, alors que la variation constitue le caractère le plus fondamental de l'organisme vivant, celui sans lequel l'évolution n'eût pas été possible. Les variations brusques sont uniquement l'effet de la sélection humaine; à l'état naturel les espèces ne présentent que des variations progressives, toute variation brusque rompant l'équilibre qui existe entre l'espèce et le milieu et ayant pour effet l'extinction de celle-ci. Mais dans la variation brusque l'homme se substitue à la nature et met en œuvre les moyens nécessaires pour parer à ses effets nuisibles. M. Walker montre, en terminant, l'application qu'on peut faire de ces points de vue au problème de la sélection eugénique dans les sociétés humaines. S. J.

Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie und Soziologie (XXXVII, III). — « MORITZ SCHLICK, *Gibt es intuitive Erkenntnis?* » *(Existe-t-il une connaissance intuitive?)*. — L'erreur fondamentale de ceux qui croient à la possibilité d'une connaissance intuitive consiste en ce qu'ils conçoivent la connaissance comme un rapport direct, immédiat entre le sujet qui connaît et l'objet à con-

naître, alors que la vraie connaissance se réduit à des rapports que le sujet établit entre plusieurs objets. L'intuition est précisément le contraire de la connaissance. Pour l'intuition pure, il n'y a que des objets individuels, des objets en soi, soustraits à toute comparaison. Les événements et les objets présentent une variété infinie et ne se reproduisent jamais; vouloir les saisir par l'intuition signifie donc faire abstraction des ressemblances, renoncer à toute liaison, à toute coordination et à toute généralisation. La connaissance n'est possible qu'à la condition de s'élever de l'individuel au général, de dépasser l'intuition pure, la jouissance que celle-ci est susceptible de procurer étant de nature esthétique, non intellectuelle. S. J.

Weltall - (1913, 23. Heft). — « EMIL CARTHAUS, *Die Regenarmut der geologischen Primär- und Sekundärzeit und die Steinkohlenbildung* » *(De la pluviosité insuffisante des époques géologiques primaire et secondaire et de la formation du charbon de pierre).* — Pendant les époques primaire et secondaire, la terre était entourée d'un épais voile de nuages qui soustrayait sa surface à l'action des rayons solaires. Bien que l'air fût très chargé d'humidité, la terre devait alors être pauvre en dépôts atmosphériques, ce qui s'explique par la différence insignifiante entre les températures qui régnaient aux pôles et à l'équateur. C'est la mer dont l'étendue était 13 fois plus considérable que celle des masses continentales qui jouait le rôle d'un régulateur gigantesque de la chaleur. A la période tertiaire, le voile de nuages qui enveloppait la terre se déchire et se dissipe définitivement, et les différences croissantes de chaleur et d'humidité, ainsi que la formation de courants atmosphériques et marins qui se produisent à la suite de cet événement, provoquent ces transformations profondes de la flore et de la faune dont la paléontologie nous révèle les vestiges. On peut dire que c'est de l'époque tertiaire que datent la flore et la faune d'eau douce, le milieu favorable à leur éclosion n'ayant pas existé aux époques antérieures. Quant aux plantes carbonifères, elles sont nées et se sont développées dans le voisinage de la mer, dans des lagunes et des baies où elles étaient soustraites à l'action mécanique des vagues marines. Et c'est seulement aux approches de l'époque tertiaire, alors que l'accroissement des dépôts atmosphériques a rendu les terres continentales plus favorables à l'entretien de plantes mieux organisées, c'est alors seulement que la plupart des variétés et des genres de plantes ont abandonné la mer et ses approches et que certaines d'entre elles ont acquis l'organisation typique des dicotylédones. Mais toutes les productions carbonifères antérieures, formées aux dépens de cryptogames et de gymnospermes, proviennent d'une flore ayant végété dans l'eau marine. S. J.

CRONACA - CHRONIQUE
CHRONIK - CHRONICLE

CONGRÈS ET RÉUNIONS.

Congrès annuel de la British Association.

Nous avons déjà dit quelques mots, dans le précédent numéro de « Scientia », du Congrès annuel de la British Association qui s'est tenu à Birmingham au mois de septembre de cette année. Ajoutons-y quelques détails complémentaires, afin de mieux faire ressortir toute l'importance de cette réunion qui avait attiré plus de 2600 assistants, parmi lesquels figuraient les savants les plus illustres de tous les pays. Dans la section de Physique et de Mathématiques, les questions des radiations, des émanations radio-actives et de la structure des atomes ont fait l'objet de discussions auxquelles ont pris part Lord Rayleigh, Sir J. J. Thomson, Sir Joseph Larmor, les professeurs Rutherford et Bragg. Dans la section de Chimie, les débats ont porté sur la question du charbon et des huiles de charbon, sur celles des éléments radio-actifs et de la loi périodique. La section de Zoologie a pris pour objets de discussion la *mimicry*, l'hérédité du mélanisme, la *convergence chez les mammifères*, tandis que le professeur Minchin a parlé de quelques aspects de la maladie du sommeil et que le professeur Benjamin Moore a fait une communication des plus intéressantes sur la *Synthèse de la matière organique à l'aide de colloïdes inorganiques*. Dans la section d'Économie, la discussion a porté sur les voies navigables intérieures, sur les prix et sur le coût de la vie (lord Shuttleworth) et sur le canal de Panama. Dans la section d'Anthropologie, MM. le docteur Fleure et T. C. Jones ont parlé de l'ethnologie du pays de Galles, M. le docteur Flinders Petrie de l'exploration de l'Égypte et M. le docteur Capitan, de Paris, des peintures trouvées dans les grottes paléolithiques. La section de Physiologie, qui s'est fortement ressentie de la concurrence du Congrès de Groningue, n'avait pas attiré beaucoup de monde; on y a discuté la question de la reproduction et on s'est occupé, dans la sous-section consacrée à la psychologie, de la question de

l'éducation. La préservation de la flore britannique, Couleurs et pigments de fleurs, Industrie fruitière, Production de l'orge, — telle sont quelques-unes des questions qui ont été débattues à la section de Botanique, tandis que la section d'Agriculture s'est occupée de la *Stérilisation partielle du sol à l'aide de la chaux caustique* (D.r Hutchinson et M. Mac Lennan), des *Relations entre les protozoaires et la composition du sol* (M.T. Goodey) et des *Herbes des terrains arables*. A la section d'Éducation enfin la discussion a porté sur le *Rôle éducateur des Musées* et sur les *Fonctions des Universités modernes*. La place nous manque pour résumer chacune de ces discussions et même pour citer les titres des autres, non moins importantes. Mais les quelques renseignements que nous avons pu réunir dans ce rapide compte rendu suffisent à donner une idée de ce que fut ce Congrès dont on peut dire qu'il n'a omis dans son programme aucune des questions, théoriques ou pratiques, qui intéressent l'humanité civilisée de nos jours.

XXe Réunion générale de la Société allemande Bunsen de chimie physique appliquée, tenue à Heidelberg, du 3 au 6 Août 1913.

Comme les années précédentes, il a été donné lecture, au cours de cette réunion, à côté d'un grand nombre de communications particulières, d'une série de rapports d'ensemble sur une question choisie d'avance: le travail produit par les processus de combustion. M. Nernst, de Berlin, a parlé le premier sur l'effet utile maximum de moteurs de combustion. Son argumentation a été à peu près la suivante : dans la technique on détermine généralement l'effet utile de moteurs de combustion, en comparant le travail fourni par le moteur correspondant avec la quantité de chaleur que les matériaux usés dans l'expérience développent au cours de la combustion; et ce procédé, bien que manquant de base scientifique exacte, répond suffisamment aux exigences de la pratique. Mais si, contrairement à ce qu'on pensait autrefois, la valeur de travail maxima d'une matière combustible ne peut se mesurer par la chaleur de combustion, la science ne nous en fournit pas moins des méthodes qui permettent de déterminer cette valeur avec certitude. C'est ainsi, par exemple (et Helmholtz l'a montré dès 1883), qu'elle peut être calculée d'après l'équilibre chimique du processus de combustion. On peut encore transformer le processus de combustion en le faisant agir dans un élément galvanique qui fournira un courant de réaction: la force électromotrice maxima correspondra alors à l'effet utile maximum. Ce dernier peut encore être déduit du théorème de Nernst (Cfr. « Scientia », Vol. 12, p. 292; 1912), lorsqu'on connaît les chaleurs spécifiques des matières réagissantes à des températures très basses. En terminant, l'orateur a discuté la question des possibilités que nous avons d'augmenter l'effet utile des moteurs thermiques. — Nous laisserons de côté le rapport de M. K. Neumann (Dresde) sur les moteurs à gaz et celui de M. Cranz (Charlottenburg) sur le travail fourni par les matières explosives et par les projectiles. Ceux qui s'intéressent à ces questions trouveront le texte de ces deux rapports dans la « Zeitschrift für Elektrochemie » qui publie tous les rapports et communications présentés aux Congrès de la Société Bunsen, et nous ne dirons quelques mots que du quatrième rapport, celui de M. Höber, de Kiel, qui a parlé du travail fourni par les processus de combustion

s'accomplissant dans les organismes, c'est-à-dire de la physiologie de l'action musculaire. — D'après M. Höber, un muscle n'agirait pas à la façon d'une machine thermique: c'est plutôt d'une façon indirecte, en passant par la phase intermédiaire de l'énergie de gonflement, que son énergie chimique se transformerait en travail mécanique. L'énergie de gonflement résulte de ce que l'acide lactique, formé aux dépens des matières dissociables que renferme le muscle, provoque le gonflement des fibrilles musculaires et consécutivement le raccourcissement du muscle lui-même. Un processus de combustion n'intervient que lors du rallongement du muscle, par l'élimination de l'acide lactique qui a produit son gonflement. — De tous les autres rapports, très nombreux d'ailleurs, nous n'en mentionnerons encore ici que deux, ceux de M.M. Bergius et Bodenstein. — M. Bergius (Hannovre) a rendu compte de ses expériences sur la production artificielle de l'anthracite. Il a montré que dans la formation du charbon aux dépens de matériaux cellulosoïdes, il s'agit de deux processus radicalement différents: pendant le premier, qui est de nature exothermique, il se forme, à la suite d'un dégagement d'acide carbonique et d'eau, dans des proportions moléculaires simples, un charbon d'environ 84 % de carbone et correspondant à peu près à la formule $C_{16} H_{18} O$; le deuxième processus, qui ne se manifeste que lorsque le charbon produit au cours du premier processus est exposé à une pression très élevée (5000 atmosphères environ), est accompagné d'un dégagement de bioxyde de carbone et de méthane et aboutit à la formation d'un produit anthracitiforme dont la teneur en carbone est de 88 %. — M. Bodenstein (Hannovre) a fait de nouvelles recherches sur la photochimie du gaz chloré explosif, et la nouvelle théorie et systématisation des réactions lumineuses qu'il a cru pouvoir proposer à la suite de ces recherches a donné lieu à une discussion des plus animées.

LXXXVe Réunion des naturalistes et médecins allemands à Vienne.

Comme tous les ans, la réunion des médecins et naturalistes allemands de l'année 1913 a eu lieu au mois de Septembre, cette fois dans la vieille ville impériale de Vienne. Cette réunion avait attiré 4000 personnes environ, venues d'Allemagne, d'Autriche et des pays voisins et les questions scientifiques, posées devant l'Assemblée, ont été discutées dans 34 sections. Dans ces conditions, nous avons à peine besoin de dire que la notice qui suit ne forme qu'un extrait très abrégé des comptes rendus de la réunion et que nous avons été obligé d'y omettre plus d'une communication importante. Le premier rapport général a été celui du célèbre astronome H. v. Seeliger sur les problèmes de l'astronomie moderne. Après une intéressante introduction historique, M. v. Seeliger parla d'abord de la question de la planète Mars, en insistant surtout sur ce fait que l'hypothèse d'après laquelle la planète Mars serait habitée par des êtres intelligents qui auraient créé, sur une très vaste échelle, des moyens d'irrigation artificiels, les soi-disant « canaux », que cette hypothèse, disons-nous, manque de toute base scientifique et ne doit être considérée que comme l'expression d'une très profonde perplexité. Les plus grands et les meilleurs télescopes ne donnent des « canaux » qu'une représentation très vague et n'ont presque jamais permis de constater leur « dédoublement »; et le télescope

le plus grand dont dispose l'investigation astronomique de nos jours, celui de Mount-Wilson, ne révèle pas du tout de canaux, mais seulement des groupes isolés de taches qui marquent le trajet de raies, simulant ainsi des « canaux ». — Les recherches de l'astrophysique se groupent aujourd'hui principalement autour de deux problèmes: celui des propriétés chimiques et physiques des étoiles et celui des mouvements dont l'univers est le théâtre, dans la mesure où ils trouvent leur expression dans les déplacements des lignes spectrales. Comme les différents corps cosmiques sont, d'après ce que nous apprend l'analyse spectrale, composés à peu près des mêmes substances, on peut en conclure que les différences qui existent entre eux tiennent avant tout aux différences d'état des substances qui les composent. La température des corps cosmiques et la façon dont ils sont enveloppés par les atmosphères jouent sous ce rapport le principal rôle. La classification des étoiles doit être faite principalement d'après leur température. Comme toutes les étoiles, y compris le Soleil, émettent constamment de l'énergie par rayonnement, il doit en résulter pour eux un refroidissement progressif, dans la mesure où l'évolution naturelle n'est pas interrompue par des catastrophes dans le genre de celles qu'on doit admettre pour expliquer l'apparition de nouvelles étoiles, comme celle par exemple qui a apparu en 1901 dans l'image stellaire de Persée. De même que les étoiles filantes et les météores sont des corps cosmiques refroidis qui, ayant pénétré dans l'atmosphère terrestre, s'échauffent jusqu'à l'incandescence à la suite du frottement contre l'air, de même l'apparition lumineuse d'une nouvelle étoile dans Persée doit être expliquée par la pénétration d'une étoile plus ou moins refroidie, par conséquent obscure et invisible pour nous, dans un nuage de poussière cosmique: on a en effet constaté, dans le voisinage de la nouvelle étoile, des phénomènes qui ne peuvent avoir été produits que par des nuages de poussière rendus lumineux à la suite de l'action d'un énorme réflecteur, lequel ne peut être que l'étoile incandescente. La lumière, qui nous parvient du Soleil en 8 minutes, a besoin de 25.000 ans environ pour parcourir le trajet qui nous sépare des étoiles les plus éloignées de la voie lactée. Il n'est d'ailleurs pas improbable que la voie lactée, c'est-à-dire le système cosmique dont notre système planétaire fait également partie, se trouve dans l'Univers à l'état d'isolement, non seulement mécanique, mais aussi optique, car les corps cosmiques éteints et les masses de poussières cosmiques peuvent très bien affaiblir la lumière provenant d'autres systèmes cosmiques, au point de nous priver de toute information relativement à ceux-ci; il en résulterait que tout ce que nous voyons dans le ciel appartient au système de notre voie lactée à nous. On a beaucoup discuté la question de savoir si nos lois naturelles s'appliquent à l'Univers tout entier. L'expérience ne nous apprend rien sur la façon dont la loi de la gravitation de Newton se comporte à l'égard des distances qui séparent les étoiles fixes, et si l'on essaie d'étendre cette loi aux distances en question, on se heurte aux plus grandes difficultés. On doit également considérer comme une généralisation arbitraire l'extension à l'Univers des deux lois fondamentales de la thermodynamique. L'énergie et l'entropie de l'Univers sont des notions auxquelles il est impossible de donner une signification concevable. — M. Anton, de Halle, a fait une communication très intéressante sur les types humains

dangereux. Il s'agit de ces types humains qui, sous beaucoup de rapports, exercent sur leur entourage une action défavorable, sans qu'on puisse les ranger dans la catégorie des criminels ou des individus punissables d'après les lois en vigueur. L'influence d'un homme sur un autre s'exerce le plus souvent d'une façon inconsciente, et la mauvaise influence peut ainsi s'exercer sans que ni celui de qui part cette influence ni celui qui la subit s'en rendent compte. Les mouvements d'expression mimiques d'un homme sont pour un autre des mouvements d'impression, ce sont des signaux de sentiments perçus par un autre. La première action consiste dans une incitation à un mouvement identique ou à la répétition de sentiments et sensations identiques; il s'agit donc d'un processus d'imitation à laquelle sont portés en premier lieu ceux qui se rattachent par certaines affinités à l'individu exerçant l'influence. Comme exemples de types humains capables d'exercer sur leur entourage une action corruptrice, l'orateur cite certains types dangereux de femmes ainsi que des enfants anormalement développés. — M. v. Mayendorf, de Leipzig, a traité devant la section de physiologie du mystère du langage humain. Le langage est un moyen d'expression de pensées, et celles-ci doivent être considérées en dernier ressort comme des moyens de défense individuelle. Nous n'avons pas le droit de supposer que le cerveau animal, dès l'instant où il est constitué par deux hémisphères, soit dépourvu de la faculté de former des jugements et nous n'avons pas davantage le droit d'affirmer que des êtres qui possèdent un appareil vocal au service de leurs pensées, ne possèdent pas le langage, alors même que leurs manifestations vocales sont très éloignées du langage articulé. La forme de la pensée et du langage n'est pas la même chez l'homme et chez l'animal, mais au fond il s'agit d'une seule et même chose. Les productions vocales des animaux qui, comme le bavardage des oiseaux parlants, ressemblent par leur forme au langage humain, mais ne sont d'aucune utilité pour leurs auteurs, ne constituent pas un langage à proprement parler. Le langage est un privilège que l'homme ou l'humanité trouve dans son berceau, en même temps que l'organisation de son cerveau. Il est une acquisition aussi bien pour l'individu que pour la collectivité. Le cerveau d'un homme qui n'a jamais parlé, d'un sourd-muet, par exemple, ne diffère pas d'aspect de celui d'un grand orateur. Le cerveau humain ne présente de centre de langage spécial ni pour la perception exclusive des mots ni pour la formation et l'enchaînement des sons du langage. L'anatomie et la pathologie, l'expérience et l'observation montrent que la seule chose possible à suivre, c'est le prolongement des nerfs auditifs jusqu'à leur entrée dans la substance grise du cerveau, de même que, en ce qui concerne les nerfs du larynx, des cordes vocales, de la langue et des lèvres, nous ne pouvons déterminer que leur point d'émergence dans la substance corticale. La destruction de ces territoires corticaux produit des troubles de langage caractéristiques. — M. Wilhelm Schmidt, de Vienne, a parlé de l'influence des facteurs météorologiques sur le travail humain. Les expériences de l'orateur ont porté sur 60 personnes, de sexe féminin, travaillant à la perforation de cartes de recensement. En enregistrant leur capacité journalière moyenne de travail, on a trouvé que les jours les plus frais étaient les plus favorables en été et aux saisons de transition, et les jours à température moyenne pendant la saison d'hiver;

en hiver aussi les jours les plus chauds étaient les plus défavorables. En été le meilleur travail était fourni pendant les jours les plus couverts: dans les autres saisons pendant les jours les plus clairs. Les pressions les plus basses exerçaient une action franchement mauvaise, lorsqu'elles coïncidaient avec des jours frais et très secs. Les dépressions coïncidant avec un degré élevé d'humidité exerçaient au contraire une influence beaucoup moins défavorable. La proportion d'humidité la plus favorable était de 60 à 80 % en été, de 80 à 100 % en hiver. Une sécheresse plus grande agit en général d'une façon peu avantageuse. Une pression atmosphérique moyenne était la plus favorable en été, une haute pression en hiver; une basse pression était très défavorable aussi bien en été qu'en hiver. — M. Marx, de Berlin, a fait une communication sur la psychologie de la détention. Cette psychologie n'est encore, à l'heure actuelle, qu'un programme en vue de recherches futures. L'action qu'exerce la détention se compose de deux facteurs: l'isolement du monde extérieur, la solitude, et cet ensemble de représentations qu'on désigne par le terme général de conscience de la culpabilité. Cette soi-disant conscience de la culpabilité renferme toute une série de représentations aux contenus les plus variés. Il faut citer en premier lieu la représentation de la valeur diminuée de la personnalité, comme suite de l'acte coupable et de la détention. Chez le détenu subissant la prison préventive, l'incertitude de la situation constitue encore dans ce cas une circonstance aggravante. Le mode de réaction à ces facteurs varie avec la personnalité des détenus. Le degré d'émotion psychique est à peu près proportionnel au niveau moral du détenu. Un homme d'une moralité plus élevée et resté jusqu'alors socialement intact souffrira davantage du sentiment de la diminution de la valeur de sa personnalité qu'un homme ayant déjà subi des châtiments. Le psychopathe réagit contre les inconvénients de la détention avec une sensibilité plus grande qu'un homme moyen, de constitution normale. L'âge, le sexe, la nature de l'acte coupable et beaucoup d'autres facteurs sont autant de causes de différenciation réactionnelle. Dans quelques cas exceptionnels, la détention, surtout la détention préventive, peut être éprouvée tout au moins comme un bienfait. Il faut noter comme particulièrement intéressantes les données empruntées aux ouvrages de Dostoïewski, Wilde et Pellico et relatives à l'action de la détention sur des esprits exceptionnellement doués. Au point de vue pratique, les recherches sur la psychologie de la détention se reduisent à la question cardinale concernant la différence entre la détention individuelle et la détention collective; c'est là en effet que se trouve la source des problèmes dont l'examen s'impose aux recherches futures. — M. Rethi, de Vienne, a imaginé un procédé d'enregistrement phonographique des consonnes. M. Rethi a essayé, ce qui a déjà été fait pour les voyelles, d'obtenir une reproduction graphique des mouvements sonores des consonnes. Après des essais poursuivis pendant des années, il a enfin réussi, en enregistrant les consonnes à prononciation muette, à obtenir des courbes utilisables. Les formes des ondes de toutes les consonnes ont pu être présentées aves leurs traits caractéristiques. — M. von Hess, de Munich, a parlé du développement du sens de la lumière et des couleurs dans le monde animal. M. von Hess a pu, à l'aide d'une série de méthodes perfectionnées, établir la sensibilité à la lumière de l'œil animal. Le singe voit le spectre exac-

tement de même que l'homme. Les oiseaux de jour et les reptiles voient la partie du spectre renfermant les ondes longues aussi loin que nous; mais de même que nous ne percevons pas l'ultra-violet, ils ne perçoivent plus ni le bleu ni le violet. Les qualités visuelles des amphibies présentent une grande ressemblance avec celles de l'homme. Les poissons et l'amphioxus se comportent comme un homme frappé d'une cécité complète pour les couleurs; il en est de même des invertébrés vivant dans l'air et dans l'eau et des abeilles. S'appuyant sur les constatations qu'il a faites, M. v. Hess s'élève contre la conception de certains biologistes d'autrefois et de nos jours qui ne voient dans les organismes que des machines chimiques. Il montre que lors même qu'on réussirait à construire des machines se comportant à l'égard du spectre et des lumières colorées en général comme les poissons et les invertébrés qu'il a examinés, on serait impuissant à expliquer ce qui forme précisément le point essentiel de ses nouvelles constatations et en même temps le plus remarquable des phénomènes qu'elles impliquent: nous voulons parler de la coïncidence existant entre les valeurs relatives d'excitation des différentes couleurs lumineuses pour l'organe visuel de ces animaux inférieurs, d'un côté, et les degrés de clarté avec lesquels ces mêmes sources lumineuses se présentent à l'œil humain atteint de cécité complète pour les couleurs, de l'autre. L'importance biologique de ces résultats saute aux yeux. — M. Pincussohn, de Berlin, a fait une communication sur l'action de la lumière sur l'organisme animal. On avait déjà cherché dans l'antiquité à faire un usage pratique de l'action de la lumière sur l'organisme humain; mais c'est seulement dans les temps modernes que ce problème a été abordé d'une façon scientifique. Ainsi que l'orateur a pu s'en assurer, on obtient des actions particulièrement fortes, en incorporant à l'organisme certaines substances colorantes fluorescentes et en faisant ensuite agir sur l'individu ainsi traité une lumière artificielle ou la lumière du jour. Il est à remarquer que dans ces conditions l'assimilation des substances chimiques de l'organisme subit une modification notable. Les expériences sur des animaux ont permis de constater l'apparition dans le sang de ferments qui accélèrent l'assimilation de l'albumine. L'accélération porte d'ailleurs sur l'ensemble du processus des échanges chimiques, sur les substances puriniques aussi bien que sur les substances albumineuses. Selon les rayons que la substance colorante fluorescente émet sous l'influence de la lumière, on peut obtenir des actions très variées en apparence. L'homme réagit, ainsi que l'ont montré des expériences répétées, d'une façon très vive, et on peut espérer qu'on arrivera, par l'emploi de ces substances colorantes sensibilisatrices, à augmenter ou à modifier considérablement l'action curative bien connue de la lumière. — M. Eugen Fischer, de Fribourg i. B., a parlé du problème du croisement de races chez l'homme. L'auteur s'est basé principalement sur ses observations relatives au mode de transmission héréditaire lors du croisement de races humaines. On peut résumer le résultat de ces observations, en disant que, conformément à la théorie de l'hérédité de Mendel, les propriétés de la race paternelle et de la race maternelle se présentent chez les enfants à l'état de pureté, c'est-à-dire qu'il ne se forme pas de propriétés intermédiaires. Les phénomènes qui se produisent à la suite du croisement de races humaines s'accordent parfaitement avec ceux

qui ont été constatés au cours des expériences de croisement sur des animaux et des plantes. C'est ainsi que la couleur des yeux et des cheveux se transmettent chez l'homme conformément aux règles de Mendel; il en est de même de la forme du crâne et de celle du visage. Il est plus difficile de répondre à la question de l'hérédité des facultés morales qu'à celle de la transmission héréditaire des propriétés physiques. « Il est tout à fait probable que là comme ici la transmission héréditaire suit les règles mendéliennes et qu'on se trouve ici en présence d'un grand nombre d'« unités héréditaires », d'où il résulte que les possibilités de combinaisons sont également très nombreuses ». L'expérience seule est à même de nous montrer lesquelles des propriétés doivent, dans l'hérédité mendélienne, être considérées comme dominantes et lesquelles comme récessives. Chez une population métissée, les propriétés dominantes apparaissent naturellement comme accumulées, et un observateur superficiel pourrait en conclure à la prépotence de l'une ou de l'autre des races génératrices. Or, les races prépotentes n'existent pas: il n'existe que des caractères particuliers dominants; la prépotence incompréhensible d'une race entière se réduit à la dominance de caractères particuliers. Avec l'hérédité mendélienne, l'avenir d'une race métissée se trouve entièrement assurée, sous réserve bien entendu de processus de sélection. Le croisement ne peut jamais donner naissance à une nouvelle race à l'état de pureté; les caractères ataviques sont toujours destinés à réapparaître. Il existe en Europe depuis des siècles des crânes longs et des crânes courts, des blonds et des « noirs », et malgré tous les mélanges, on n'a pas vu se produire une seule forme de crâne moyenne, une seule teinte brune moyenne. C'est seulement grâce à l'hérédité mendélienne que nous pouvons savoir si tels ou tels caractères constituent vraiment des caractères raciaux. Théoriquement, il serait naturel que les enfants exposés à l'action des mêmes facteurs extérieurs que les parents, possèdent les mêmes caractères que ceux-ci. C'est un fait établi que le milieu extérieur est capable de modifier certains caractères. « Mais nous savons que les caractères modifiables présentent quelque chose qui relève de l'hérédité, dont nous ne sommes redevables qu'à celle-ci; cela est par exemple tout à fait vrai de la forme du crâne, un peu moins de la taille ». C'est ainsi qu'au cours de ces dernières années le principal travail avait consisté à bien poser les questions. Les réponses à ces questions ne peuvent être fournies que par des recherches exactes et consciencieuses, portant sur des familles particulières et, dans les cas de parents appartenant à des races inégales, séparément sur les parents, les enfants et les petits-enfants; nous devons faire de l'anthropologie familiale; ce qu'il nous faut, « ce n'est pas la statistique massive, mais la statistique individuelle ». — A la section de médecine on s'est beaucoup occupé du traitement du carcinome par le radium et de la syphilis. — A la section de chimie, M. Tammann a parlé de la théorie du polymorphisme et M. Emil Fischer, de Berlin, de la synthèse de depsides, de substances licheniques et de substances tanniques. — Parmi les communications de caractère historique, signalons celle de M. Sander, de Karlsruhe, sur la première application du gaz de houille dans la navigation aérienne, et celle de M. Neuburger, de Berlin, sur le « vinaigre », à l'aide duquel Hannibal aurait, lors de son fameux passage des Alpes en 218 av. J. C., supprimé les rochers qui lui barraient le che-

min. — En terminant, mentionnons encore la communication de M. Schilling sur la question de la protection du gibier et celle de M. v. Guttenberg sur la protection des sites naturels en Autriche.

XCVI^e Réunion annuelle de la Société Suisse des sciences naturelles.

Cette réunion a eu lieu à Frauenfeld, dans le courant du mois de Septembre. Au cours de la séance plénière, M. le professeur Grubemann a parlé des méthodes les plus récentes employées en pétrographie, surtout en ce qui concerne les recherches relatives à l'évolution des roches, et des données utiles que la métallographie et la chimie des colloïdes peuvent fournir à la pétrographie. M. le professeur Maillefer a rendu compte de ses recherches, en partie expérimentales, en partie mathématiques, sur le géotropisme des plantes. M. le professeur Keller a attiré l'attention sur les points de ressemblance qui existent entre la vie de certaines populations du Caucase et celle des habitants des demeures lacustres en Suisse, aux époques préhistoriques. M. le professeur Dutoit a donné un exposé brillant de l'assimilation qui est en train de s'opérer entre les méthodes de la chimie analytique et celles de la chimie physique et de la biologie.

Ve Conférence de l'Union internationale de recherches solaires.

La cinquième conférence de l'Union Internationale de recherches solaires a eu lieu à Bonn, sur l'invitation du professeur Kayser, du 31 juillet au 5 août de cette année. La détermination de l'étalon de la longueur d'onde, dont l'Union s'est déjà occupée dans ses conférences antérieures, a encore constitué cette fois le principal objet de ses travaux. Elle a ensuite discuté les résultats des travaux exécutés par le comité nommé à la conférence de Mount Wilson et relatifs à la détermination de la rotation solaire à l'aide des déplacements de lignes; des écarts s'étant produits entre les résultats obtenus par différents observateurs, la Conférence a décidé, avant de procéder à de nouvelles investigations, de rechercher les sources de ces erreurs. La Conférence transforme encore son ancien comité spectrohéliographique, en lui donnant le nom de « Comité pour l'étude de l'atmosphère solaire » et en le chargeant d'unifier toutes les observations, visuelles et photographiques, sur l'atmosphère solaire, sauf celles associées à des éclipses. Elle constitue, avec le professeur Ricco pour président et le père Cortie pour secrétaire, un sous-comité pour les observations visuelles portant sur les proéminences et les phénomènes qui s'y rattachent, et elle charge ce comité de continuer ses observations jusqu'en 1916, de façon à embrasser un cycle complet de 11 années.

XIIe Congrès international de géologie.

Ce congrès s'est tenu a Toronto (Canada), du 7 au 14 août de cette année, sous la présidence du D.r F. D. Adams, de l'Université Mc Gill. 1152 membres s'étaient fait inscrire, dont la moitié environ, comprenant les géologues les plus compétents de 46 pays, ont pris une part active aux travaux du Congrès. Celui-ci s'est acquitté avec honneur de la principale

tâche qui lui a été confiée par le Congrès précédent et qui consistait dans la préparation d'une monographie sur les ressources en charbon dont dispose l'Univers, cette monographie devant faire suite à celle préparée pour le XI° Congrès, tenu à Stockholm. Il résulte de cette volumineuse monographie que les ressources en charbon dont dispose encore le monde constituent un total de 7.397.533 millions de tonnes; sur ce total, le Canada possède 1.234.269 millions de tonnes, les États-Unis 3.214.174 millions, le Royaume-Uni 189.535 millions, la France 17.585 millions, la Russie 233.997 millions. La Suisse ne possède que 4.500 tonnes. Comme la consommation de l'année 1910 n'a été que de 1.145 millions de tonnes, on voit que l'épuisement de nos réserves en charbon ne constitue pas un problème immédiat. Le Congrès, qui s'était subdivisé en trois sections fonctionnant simultanément, a entendu en outre plus de 80 communications, parmi lesquelles nous citerons, comme ayant donné lieu aux discussions les plus intéressantes, celles sur la *différenciation des magmas rocheux*, sur l'*influence des profondeurs sur la nature des dépôts métallifères*, sur *la sédimentation et la corrélation du Précambrien*, sur *les caractères physiques et la faune du Paléozoïque*, etc. Mentionnons encore les deux conférences publiques faites par M. M. Emmanuel de Margerie, qui a parlé *de la carte géologique du monde*, et le D.r W. F. Hume, qui a traité *des phénomènes désertiques en Égypte*. Mais le principal attrait du Congrès avait consisté dans les excursions d'études et d'explorations qui ont été accomplies par ses membres et qui, ayant duré du 13 juillet au 23 septembre, ont porté sur une étendue de plus 20.000 milles.

Réunion annuelle de la Commission électrotechnique internationale.

La Commission Électrotechnique Internationale a tenu sa dernière réunion à Berlin, du 1er au 6 septembre de cette année. Elle était composée de 70 membres représentant 24 pays. Elle s'est occupée principalement de l'étalon international à établir pour la machinerie électrique. Elle a, en outre, fait siennes les conclusions de ses sous-comités relatives à l'uniformisation des symboles usités dans les formules et à celle de la nomenclature (80 termes, avec les expressions s'y rattachant, ont été établis d'une façon définitive, et le français a été admis comme la seule langue officielle, avec cette réserve toutefois que le vocabulaire devra renfermer les termes correspondants en anglais, allemand et espagnol). La Commission a encore adopté l'étalon du cuivre élaboré dans les laboratoires nationaux de physique d'Angleterre, de France, d'Allemagne et d'Amérique. La prochaine réunion de la Commission aura lieu à Madrid, en 1914.

IX° Congrès international de physiologie.

Le IX° Congrès international de physiologie a eu lieu à Groningue, du 2 au 6 septembre de cette année. Plus de quatre cents savants y avaient pris part, et les démonstrations et communications qu'il a provoquées étaient aussi nombreuses qu'intéressantes. Citons, parmi les principales: la démonstration, faite par MM. le professeur Abel et le docteur Rowntree, de Baltimore, d'un appareil appelé «glomérule artificiel» et

permettant de déceler dans le sang des substances qui ne s'y trouvent qu'en quantités infinitésimales. M. le docteur Carlson, de Chicago, a montré qu'il était facile de constater chez l'homme la présence de contractions rythmiques, dites « toniques », des parois de l'estomac pendant le jeûne. M. le professeur Hürthle, de Breslau, a fait part de ses études sur les variations de pression et de vitesse dans différentes artères chez les animaux vivants, pendant l'onde pulsatile, et chez les animaux morts dont la circulation a été rétablie à l'aide d'un cœur artificiel: il résulte de ces études et expériences que les artères sont animées de contractions rhythmiques qui facilitent la circulation du sang. Mais l'événement sensationnel du Congrès avait consisté dans la communication, faite par M. le professeur Pawlow, de St. Pétersbourg, sur l'examen de l'*activité nerveuse supérieure*, communication renfermant les résultats des expériences de M. Pawlow sur la formation de réflexes « conditionnels », en rapport avec l'analyse des sensations. Le prochain Congrès aura lieu à Paris, en 1916, sous la présidence de M. le professeur Tigerstedt, d'Helsingfors.

Le Congrès de la Société internationale de psychologie médicale et de psychothérapie.

Ce Congrès s'est tenu à Vienne les 19 et 20 septembre de cette année, sous la présidence du professeur Bleuler qui a parlé dans son discours de *La nécessité d'un enseignement de psychologie médicale.* La principale question traitée au cours de ce Congrès a été celle *de la répression et de la conversion*, qui a été rapportée par le docteur L. Franck. Citons en outre les communications suivantes: *Méthodes psychologiques pour l'examen de la marche de l'excitation nerveuse dans des conditions normales et pathologiques*, par le professeur P. Ranschburg: *Psychologie infantile et étude des névroses*, par le D.r Adler, président de la « Société de psychologie individuelle », ancien partisan de la théorie psycho-analytique; *Les premiers souvenirs infantiles*, par M. P. Schrecker; *Caractère nerveux, disposition à la dypsomanie et éducation*, par M. C. Strasser; *Étude sur l'expérience d'association, en ce qui concerne plus spécialement les alcooliques*, par M. V. Eppelbaum; *La psychologie du fétichisme*, par M. W. Steckel; *Psycho-analyse et éducation*, par le D.r P. Häberlin; *La psychologie de l'obstination infantile*, par le D.r von Hattinberg; *Théorie et symptomatologie de la volonté*, par le D.r L. Klages; *Des rapports entre la psychologie animale d'un côté, la physiologie et la biologie, de l'autre*, par le D.r G. Kafka; *Les synesthésies*, par le D.r Winkler; *Le sommeil et ses troubles*, par le D.r Frank.

NOUVELLES DIVERSES.

Nouvelle expédition de Stein dans l'Asie Centrale.

Sir Aurèle Stein, surintendant du cercle de frontière de l'office archéologique des Indes, vient d'être chargé par le gouvernement de ce pays de continuer l'exploration géographique et archéologique de l'Asie Centrale et de la Chine Occidentale, afin de compléter l'œuvre qu'il avait commencée en 1906. Dans ce nouveau voyage aux confins du Turkestan chinois, il suivra l'itinéraire traversant les territoires de Darel et de Tangir qui n'ont encore jamais été visités par des Européens.

ASPERGES FILIPPO - *responsabile.*

MILANO — TIPO-LIT. REBESCHINI DI TURATI E C.

THE LAW OF NATURE
IN CELESTIAL EVOLUTION

I. The study of clusters leads to the Fundamental Law of Sidereal Evolution.

Very often in the affairs of daily life it is the unexpected that happens; and the same thing has recently taken place in the study of celestial evolution. The Star Clusters were long considered so hopelessly complex in their mechanism that no one dared to believe that they might be the most obvious means of obtaining a simple and natural insight into the general law of cosmical evolution. Yet this very thing has come about; and the result is now so self-evident that we marvel that any other point of view should have been considered by the earlier investigators.

Accordingly, strange as it may seem, we have found a great law of nature by first approaching and studying the most complex systems; and after making out the true secret of their formation, have generalized the law deduced from the study of clusters by the examination of sidereal systems of lower order. In this way we have established a perfectly general law of the sidereal universe, applicable to all known types of celestial systems — beginning with the solar system and ascending through the double and multiple stars to the globular clusters as the highest order of sidereal systems, which often are made up of many thousands of stars.

This deduction of Nature's great law of cosmical evolution is worthy of the attention of the reader of synthetical

scientific literature, not only for the facts brought out, but also for the new light thus shed on scientific methods. So long as our premises in cosmogony were false, it need scarcely be said that our efforts were as vain as the pursuit of the bag of gold at the end of the rainbow. And yet just such vain effort was put forth by many of the leading astronomers and mathematicians of the past century, with the result that it was not possible to establish a true Science of Cosmogony, till within the past few years.

The revolution of opinion resulting from the correction of false premises which long misled the most eminent philosophers — including Laplace, Sir John Herschel, Lord Kelvin, Newcomb, Sir George Darwin, and Poincaré — is sufficiently remarkable to be deserving of the attention of the thoughtful reader among laymen as well as among the professional workers in science. As weak premises invalidate the reasoning based thereon, the first condition of true scientific progress is the laying down of premises known to rest on a foundation which cannot be shaken. In the physical sciences this is the difficult part of the work of discovery, because the laws of Nature are not known in advance; and hence discovery in the physical universe resolves itself largely into a search for correct premises. As many investigators have not exercised adequate care on this point, the history of the physical sciences presents numerous examples of failures, in spite of the great effort put forth by men of preeminent powers.

II. Herschel's views should have been preferred to those of Laplace.

The first modern astronomer to give serious thought to the origin of clusters was the illustrious Sir William Herschel. This extraordinary man not only built giant telescopes for the exploration of the heavens, but also added to the catalogues of his discoveries the most sagacious remarks on the origin of the various types of sidereal systems, and more especially on the development of clusters and nebulae. Herschel's views on celestial evolution are developed in a series of papers published in the « Philosophical Transactions » of the Royal Society, from 1784 to 1818, but have remained almost unknown to the modern reader because they were long overlooked.

It is a remarkable fact, which will surprise the sagacious historian of the future, that modern investigators should so long have preferred the erroneous nebular hypothesis of Laplace, while the sounder writings of Herschel remained buried in oblivion for upwards of a century. We may account for this partly by the fact that Laplace's works were accessible in the form of treatises, while Herschel's works were accessible only as scattered memoirs in the « Philosophical Transactions », and thus seen by few, and apparently studied by none, till investigated by the writer in 1909, while completing the second volume of his *Researches on the Evolution of the Stellar Systems,* 1910.

These forgotten papers were found to be so important for the modern development of celestial evolution that, with the generous cooperation of the late Sir William Huggins, the writer started a movement in England for the republication of Herschel's *Collected Works,* and they have just been issued during the past year, 1912. It is impossible to overrate the importance of this revival of the theories of Herschel: for he is the greatest of all modern astronomers, and as respects the sidereal universe as a whole will always remain unrivaled.

III. Sir Wm. Herschel's views on the origin of clusters.

In regard to the problem of the origin of globular clusters, it was long ago proved by Sir William Herschel that these masses of stars have true spherical figures (« Phil. Trans. », 1789, p. 217). He inferred that they assumed such symmetrical figures as the result of the secular action of central powers which he concluded to be identical with universal gravitation (« Phil. Trans. », 1789, p. 219). Herschel compares the forms of round nebulae and clusters of stars to the figures assumed by planets like the Earth, Jupiter, Saturn, Uranus, Mercury, Venus and Mars; and concludes that all these masses owe their spherical shape to the same cause. He adds that we cannot avoid inferring that the construction of clusters of stars, and nebulae likewise, is due to the continued action of central powers. Herschel's argument is of considerable length (« Phil. Trans. », 1789, pp. 220-226), and throughout very interesting. In one passage he adds:

« Since then almost all the nebulae and clusters of stars

I have seen, the number of which is not less than three and twenty hundred, are more condensed and brighter in the middle; and since, from every form, it is now equally apparent that the central accumulation or brightness must be the result of central powers, we may venture to affirm that this theory is no longer an unfounded hypothesis, but is fully established on grounds which cannot be overturned ».

Herschel proves by the theory of projection, as applied to the spherical figure of the cluster, and also to the similar concentric layers of which it is made up, that the form is truly globular. He adds that as the observed gradual increase of brightness towards the centre, does not agree with the degrees calculated from a supposition of equal scattering, there must be a greater accumulation of stars towards the centre, but with the density uniform in any of the concentric spherical shells of which the cluster is made up.

By way of allegorical expression Herschel describes the tide of stars setting towards these centres of attraction, how the stars crowd towards those already assembled, some forcing others aside, so as to oblige them to take up lateral situations, but all of them striving equally for a place in the central swelling, and generating spherical figure (« Phil. Trans. », 1789, p. 222). He remarks that the cause modeling sidereal systems is everywhere the same, but that the effects produced are such as to give a great variety to the appearances of clusters. Some of them appear large and others small, an effect which may be ascribed chiefly to the different distances at which these masses of stars are placed. He thinks some of the clusters may be more compressed, others made up of stars of greater magnitude; but the variations thus presented in the heavens are not greater than that among individuals belonging to the same species on the Earth.

IV. Herschel's method for estimating the age of a cluster.

« Let us then continue to turn our view to the power which is moulding the different assortments of stars into spherical clusters. Any force, that acts uninterruptedly, must produce effects proportional to the time of its action. Now, as it has been shown that the spherical figure of a cluster of stars is owing to central powers, it follows that those clusters which,

ceteris paribus, are the most complete in this figure, must have been the longest exposed to the action of these causes. This will admit of various points of view. Suppose for instance that 5000 stars had been once in a certain scattered situation, and that other 5000 equal stars had been in the same situation, then that of the two clusters which had been longest exposed to the action of the modeling power, we suppose would be most condensed, and more advanced to the maturity of its figure. An obvious consequence that may be shown from this consideration is, that we are enabled to judge of relative age, maturity, or climax of a sidereal system, from the disposition of its component parts; making the degrees of brightness in nebulae stand for the different accumulation of stars in clusters, the same conclusion will extend equally to them all. But we are not to conclude from what has been said that every spherical cluster is of an equal standing in regard to absolute duration, since one that is composed of a thousand stars only, must certainly arrive to the perfection of its form sooner than another, which takes in a range of a million. Youth and age are comparative expressions; and an oak of a certain age may be called very young, while a contemporary shrub is already on the verge of its decay. The method of judging with some assurance of the condition of any sidereal system may perhaps not improperly be drawn from the standard laid down on page 218 (greater accumulation towards the centre); so that, for instance, a cluster or nebula which is very gradually more compressed and bright towards the middle, may be in the perfection of its growth, when another which approaches to the condition pointed out by a more equal compression, such as the nebulae I have called *planetary* seem to present us with, may be looked upon as very aged, and drawing on towards a period of change, or dissolution. This has been before surmised, when, in a former paper, I considered the uncommon degree of compression that must prevail in a nebula to give it a planetary aspect; but the argument, which is now drawn from the powers that have collected the formerly scattered stars to the form we find they have assumed, must greatly corroborate that sentiment ». (Wm. Herschel, « Phil. Trans. », 1789 pp., 224-5).

V. The Herschel-See theory of the capture of stars under the clustering power of universal gravitation.

From the *Dynamical Theory of the Globular Clusters* developed in the writer's memoir recently published in the « Proceedings of the American Philosophical Society » at Philadelphia, it would seem that Herschel was right in concluding that a cluster may eventually become so compressed as to be dissolved, for the production of a single giant star of the type of Canopus. This extreme condensation may bring about the dissolution of the cluster, and lead to what Herschel calls a *laboratory* of the universe, « wherein the most salutary remedies for the decay of the whole are prepared » (« Phil. Trans. », 1785, p. 217). Nature's remedy would seem to consist in a conflagration and dispersion of the dissolved dust, under the action of repulsive forces, to form new nebulae in remote regions of the universe; so that the formation of clusters and nebulae may begin over again.

After this general explanation of Herschel's theory of the process of assembling together the separate suns of which clusters are built up, it remains to describe in greater detail the constitution of the clusters. In the *Dynamical Theory of the Globular Clusters,* clusters are compared with a globe of monatomic gas in convective equilibrium, the comparison being based on an investigation by Prof. H. C. Plummer in the « Monthly Notices of the Royal Astronomical Society » for March, 1911, and the writer's investigations of the *Physical Constitution and Rigidity of the Heavenly Bodies* (« Astron. Nachr. », Nos. 4053, 4104).

The results of such a comparison are that the difference between the clusters and the globe of monatomic gas in convective equilibrium consists in the following points.

1. The cluster density is greater near the boundary, as there is no definite boundary to the mass of stars.

2. The cluster density also appears to be relatively greater near the centre.

3. As the apparent density of the stars in a cluster is considerable, and the images spread somewhat on the plate, it is possible that longer photographic exposures or better plates, on which the images do not spread, would give rela-

tively more stars in the region of the middle of the radius of the cluster, and thus bring the law of density for clusters into essential agreement with the monatomic law of density.

But on the whole the indications are that the capturing process of drawing in stars from without is still going on. This would account for the small density near the outside of the cluster, and also for the great central density, the latter being an accumulative effect of the various shells in the course of millions of ages.

VI. The process of capture also leads to the arrangement of the internal structure of a nebula in concentric shells of uniform brightness.

Having now explained the origin of clusters, by the process of formation in the distance, and the subsequent drawing together of the bodies thus originating separately, it remains to discuss the origin of the nebulae, which are arranged like the clusters, with increasing density towards the centre, and have evidently been developed by the same process.

It was noticed by Sir William Herschel that of the thousands of nebulae observed in his explorations of the sidereal universe, there was not one of the irregular, elliptical, planetary, round or globular nebulae which did not have an increasing brightness towards the centre. The annular nebulae alone presented an exception to this general rule; but they were so rare as to be scarcely worth mentioning, since only a few of this type are known to exist. Moreover, the present writer has shown that the ring nebulae are special cases of the spiral nebulae, which obey Herschel's law of increasing brightness towards the centre.

It being thus a general fact of observation that the nebulae show increasing brightness towards their centres, Herschel correctly reasoned that such an effect as this increasing central accumulation could only result from the continued operation of central powers, such as universal gravitation. He therefore concluded that the excess of matter now gathered into the central portions of these luminous masses had been gradually accumulated by the secular action of central forces. But how did these central powers produce this observed

effect? Herschel did not answer this question except by the analogy of such globular tendencies as are noticed in drops of dew, and in the round figures of the planets, under the attraction of gravitation. This tendency would indeed account for the external globular figures noticed in celestial masses; but it would not explain the wonderful building up of the mass in successive layers each of uniform density, but with the density greatest at the centre.

It happened, however, that at the time of Herschel the nebulae were supposed to be masses of fluid, in hydrostatic equilibrium; and under this hypothesis the central arrangement was shown to be in accord with the researches of mathematicians on the figures of equilibrium of the Earth and other planets.

It was only after the writer's recent researches in cosmogony, carried out during the year 1908, that it became known that the nebulae are discontinuous masses of cosmical dust, essentially free from hydrostatic pressure. The newly discovered fact that the planets were formed at a great distance from the Sun, showed that the solar nebula also was originally of vast extent; and this agreed with the transparency of many nebulae, and made it plain that the conditions of fluid pressure and equilibrium do not exist in any of these masses. Accordingly it became necessary to explain the central accumulation of density on *dynamical*, rather than *hydrostatic* principles.

This was finally done in the *Dynamical Theory of the Globular Clusters*, 1912, as already outlined above. Here it is to be remembered that the nebulae are made up of particles of dust, each pursuing its own orbit; and thus it is evident that these particles behave in such a discontinuous cloud essentially as the separate stars do in a cluster.

If therefore we could develop a suitable dynamical explanation of the genesis of a cluster, from the gathering together of individual stars originally more widely separated, and thus prove how the stars entering into such a mass are captured, their outward oscillations being damped and the movements dragged down to the dead level of the appropriate layer of stars — it is evident that a similar dynamical explanation would hold also for the nebulae.

For it is well known that the nebulae have an internal

arrangement of brightness and presumably of density similar to that observed in the globular clusters. The symmetrical nebulae are made up of concentric shells of uniform brightness, and it is obvious that this central arrangement in layers of uniform density has arisen by the same process which has operated in the formation of globular star clusters. This conclusion respecting the clusters and nebulae is supported by all the force of analogy, under practically identical conditions, the only difference being that in nebulae there is a continuous hazy light due to luminescence of particles diffused throughout the mass.

VII. The light of the nebulae due chiefly to luminescence at low temperature, as by electric discharges in high vacua.

How this luminescence is maintained is not yet known, but it appears to be due to electric charges like those of Geissler tubes in high vacua, the energy being derived partly from collisions of masses and partly from the molecular and atomic energy inherent in matter. In collisions between small masses enough energy is developed to produce violent sparks and partial fusion, and bring into play the latent molecular forces; and as the particles thus set free could not be retained by the feeble gravitational attraction of such small masses, the luminescent particles are diffused throughout the nebula. It thus glows with the light of hydrogen, nebulium and other free elements shown by the spectroscope; but most of the elements in a nebula evidently are non-luminous and give no indications of their presence.

Under the inspiration of traditional opinion handed down from the days of Laplace, it was formerly supposed that the primordial condition of matter was one of high temperature. Of late years, however, it has come to be recognized that the temperature of the nebulae is not high, but rather approaches the absolute zero, except in dense nuclei, where stars are forming. The vibrations of a few luminous elements therefore give no indications of the number of non-luminous elements present. The evidence of the spectroscope thus tells only a small part of the story of nebular constitution, and

the views long held by astrophysicists were deceptive, and in fact productive of endless mischief.

Here are the reasons why the nebulae cannot be at high temperature:

1. If they were at high temperature, their rarity and transparency is such that they would lose all their heat by radiation and cease to glow in a very few days.

2. Unless the light is renewed by some continuous process, the nebulae would thus rapidly become invisible.

3. Now the only luminescent effect which operates effectively in high vacua and low temperature is that due to electric discharges such as we see in Geissler tubes and similar vacua.

4. The researches of Sir J. J. Thomson and others on the discharge of electricity through gases, and the more recent investigations of radio-active phenomena point to electric charges as the principal cause of the luminescence of the nebulae.

5. But since the nebulae pass by insensible degrees into stars, it is obvious that much heat is developed in the nuclei or centres of condensation, and true nebular conditions prevail chiefly in the outer parts of such masses.

6. As the dust expelled from the stars to form the nebulae is all cold by the time it passes the borders of their coronas, it goes into space at the temperature of absolute zero, and can only become heated by condensation under intense collision, with a gaseous envelope which will hold the heat; and therefore only in the nuclei of the nebulae. Electric discharges, however, may occur in all parts of a nebula, and without the development of temperature appreciably above the absolute zero.

We conclude therefore with the remark that just as the globular clusters capture and draw in stars, and arrange them in successive uniform layers but with the density increasing towards the centre; so also are the nebulae formed and arranged in successive shells of uniform brightness, but brightest at the centre, by the gathering together of dust expelled from the stars. ***This*** *dust is everywhere at low temperature, except in the nuclei of nebulae which are passing into stars.*

VIII. Modern Capture Theory of sidereal evolution essentially an extension of the views of Herschel.

As the modern capture theory of the development of sidereal systems is the outgrowth of the writer's extension of the labors of Herschel, it is natural to turn to Herschel's view of the connection between the different types of the heavenly bodies. Two of Herschel's papers are of especial interest because of the allegorical description of the method for interpreting the principle of continuity as applied to the creative processes going on in nature. These remarkable passages are as follows:

1. « This method of viewing the heavens seems to throw them into a new kind of light. They now are seen to resemble a luxurious garden, which contains the greatest variety of productions, in different flourishing beds; and one advantage we may at least reap from it is, that we can, as it were, extend the range of our experience to an immense duration. For, to continue the simile I have borrowed from the vegetable kingdom, is it not almost the same thing, whether we live successively to witness the germination, blooming, foliage, fecundity, fading, withering, and corruption of a plant, or whether a vast number of specimens, selected from every stage through which the plant passes in the course of its existence, be brought at once to our view? (« Phil. Trans. », 1789, p. 226).

2. « When I pursued these researches, I was in the situation of a natural philosopher who follows the various species of animals and insects from the height of their perfection down to the lowest ebb of life; when, arriving at the vegetable kingdom, he can scarcely point out to us the precise boundary where the animal ceases and the plant begins; and may even go so far as to suspect them not to be essentially different. But recollecting himself, he compares, for instance, one of the human species to a tree, and all doubt upon the subject vanishes before him. In the same manner we pass through gentle steps from a coarse cluster of stars, such as the Pleiades, the Praesepe, the Milky Way, the cluster in the Crab, the nebula in Hercules, till we find ourselves brought to an object such as the nebula in Orion, where we are still inclined to remain in the once adopted idea, of stars exceedingly remote, and

inconceivably crowded, as being the occasion of that remarkable appearance. It seems, therefore, to require a more dissimilar object to set us right again. A glance like that of the naturalist, who casts his eye from the perfect animal to the perfect vegetable, is wanting to remove the veil from the mind of the astronomer. The object I have mentioned above, is the phenomenon that was wanting for this purpose. View, for instance, the 19th cluster of my 6th class (N. G. C. 5897), and afterwards cast your eye on this cloudy star (N. G. C. 1614), and the result will be no less decisive than that of the naturalist we have alluded to. Our judgement, I may venture to say, will be that *the nebulosity about the star is not of a starry nature.* » (« Phil. Trans. », 1791, pp. 72-3).

IX. The neglect of Herschel's conceptions of cosmogony due to the greater accessibility of Laplace's writings.

Among the influences which I shall always consider of the highest importance for the correct unfolding of the general law of cosmical evolution, and which proved of the greatest value while outlining Volume II of the *Researches on the Evolution of the Stellar Systems* in 1909, must be reckoned the thoughtful and sagacious investigations of Sir William Herschel, in the « Philosophical Transactions » for 1785, 1789, 1791, 1802, 1811, 1814, 1817 and 1818. These had laid buried for a century, in the rare and little read files of the « Philosophical Transactions » of the Royal Society, and had been so little studied by modern astronomers that no one could be found who was familiar with Herschel's writings.

The neglect of Herschel's theory of cosmogony arose from two unfortunate circumstances:

1. The general use of Laplace's plausible but erroneous formulation of the nebular hypothesis since 1796. By a singular error of judgement the great authority in celestial mechanics was adopted also as authority in cosmogony, when in fact calculation would have overthrown Laplace's theory from the first.

2. The inaccessibility of Herschel's writings to modern investigators, nearly all of whom had been led to adopt the

theory of Laplace, in spite of its effective refutation by Babinet's criterion of 1861.

The essential strength of Laplace's argument consisted in his misplaced appeal to the rings of Saturn, and to the roundness of the orbits of the planets and satellites, and their motion in a common direction and near the invariable plane of the system. This unquestionably proved that a common mechanical cause had set the system in motion. But in stretching the arguments of Newton on the figures of equilibrium of rotating masses like the Earth to very oblate figures, which, it was believed, might lead to the detachment of rings, he entered upon an unwarranted course, because he overlooked the fact that there are in nature no forces which could give rise to such rapid rotations.

Cosmogony was thus early associated with the rupture of figures of equilibrium of rotating masses of fluid, and the misleading relationship thus established long proved deceptive to the most eminent physical mathematicians of the past century — Sir John Herschel, Roche, Helmholz, Lord Kelvin, Darwin, Newcomb, and Poincaré — though the latter lived to correct many of his earlier ideas in his *Leçons* of 1911.

Among the physical mathematicians of the middle of the 19th century, Babinet alone was undeceived. And although his valuable criterion clearly invalidated Laplace's theory of detachment, yet as it assigned no cause for the roundness of the planetary orbits, it continued to be neglected, and was not effective in suggesting the construction of a new theory, till the present writer in 1908 explained the roundness of the orbits by the secular action of a resisting medium.

Accordingly, from these unfortunate circumstances it came to pass that Herschel's suggestive and essentially sound conceptions on cosmogony were utterly neglected for upwards of a century. And whilst the modern investigator will find in Herschel the germs of the general law of cosmical evolution — especially in his doctrine of the *clustering power* drawing together, and arranging symmetrical figures of nebulae and masses of stars originally more widely separated — yet it must not be supposed that Herschel offers us more than these rough outlines of a cosmogony. He did nothing to explain the roundness of the orbits or other characteristics of the motions of the Solar System; and as Laplace treated of these motions

in a logical way, it gave him the advantage, in spite of his erroneous premises.

The modern capture theory must therefore be regarded as a great development of the bare outlines traced by Herschel; yet it is only fair to say that this incomparable astronomer proved the safest guide in many of my labors, and I unhesitatingly assign him the first place among all the previous writers on cosmogony. Anyone who reads his papers will rightly conclude that he is clearly entitled to occupy the niche left vacant by the overthrow of Laplace as an authority on the development of the heavens.

X. The recent movement for the publication of Herschel's Collected Works.

Before closing this account it seems desirable to mention the circumstances which led to the recent movement for the publication of Herschel's Collected Works by the Royal Society and Royal Astronomical Society of London. While preparing the second volume of the *Researches on the Evolution of the Stellar Systems,* in the spring of 1909, I had occasion to make a study of the writings of Sir Wm. Herschel in the « Philosophical Transactions », 1781-1818, and became so much impressed with the high importance of these forgotten works that communications were addressed to several English Scientific Journals and to the Council of the Royal Astronomical Society, urging the republication of Herschel's Collected Works. It happened that Sir Wm. Huggins was greatly interested in the developments then being made in cosmogony; and shortly after receiving my request to awaken an interest, and, if possible, start a movement in the Royal Society for joint action looking to the reprinting of these priceless papers, he reported (Jan. 20, 1910) the appointment of a joint committee under which the Royal Society and Royal Astronomical Society have just published the *Scientific Papers* of Sir Wm. Herschel, April, 1912.

The difficulties in effecting the republication of Herschel's works were so great that probably no one except so disinterested and unselfish a philosopher as the late Sir William Huggins could have successfully initiated this great movement,

the value of which the public will appreciate only with the lapse of time. Ninety years after the death of the great Herschel he again appears to the world, and through his work speaks to a greatly enlarged scientific public. Alas! Sir Wm. Huggins lived but a few months after initiating this noble movement, but it is fitting that his memory should always be associated with that of so great and good a man as Herschel.

In view of what has now been shown, it is evident that the wonder of the future will be that Herschel's correct conceptions on cosmogony should have been so long neglected, while the erroneous cosmogony of Laplace continued in universal use. If the present papers do something towards restoring Herschel to his rightful place in the niche left vacant by the overthrow of Laplace as an authority on the development of the heavens, the result will justify the impression of 1909, and the generous spirit since animating the action of the London Royal Societies, on which the discoveries of Herschel shed such imperishable lustre.

XI. The chief authorities in cosmogony briefly cited for the convenience of the modern student of the subject.

Should an experienced investigator be asked to name the authorities on cosmogony most deserving of the attention of the modern student, he might properly answer as follows:

1. The chief authority of the 18th century was Sir Wm. Herschel, who not only studied the origin of the various types of nebulae and clusters, but also considered the breaking up of the Milky Way, under the continued action of a clustering power which he supposed to be universal gravitation working over millions of ages. Herschel's thoughtful and sagacious papers of 1785, 1789, 1791, 1802, 1811, 1814, 1817, 1818 will always deserve the attention of philosophers; for they outline the doctrine of sidereal aggregation on the grandest scale, and for all types of celestial bodies. Moreover, by *reversing* his matchless argument for central powers, the modern student obtains an incontestable proof of repulsive forces operating in nature for producing the *original diffusion of matter,* the *condensation* of which is described by Herschel. Thus Herschel's papers afford the best proof of the universal operation of re-

pulsive forces in nature, as I pointed out to the late M. Poincaré by letter in the latter part of July, 1911.

2. The writings of Kant on cosmogony contain interesting suggestions, and the same is true of the writings of Laplace; but the investigations of neither of these philosophers now have more than historical interest or importance. The cosmogonic processes outlined by Laplace are fundamentally erroneous, and were long subversive of correct modes of thought; and it is well known that Kant's reasoning is open to equally profound objections. These early writers, to be sure, were much in advance of their day, but could not be expected to treat adequately of modern problems.

3. The writers who followed Laplace naturally fall with him, and this includes such authors as Roche, Faye, Ligondes, etc., and even the much more eminent mathematical investigators who adopted Laplace's premises — Sir John Herschel, Helmholtz, Kelvin, Darwin, Newcomb, and Poincaré, except so far as the latter modified his earlier views in his *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques,* Paris, 1911.

4. It is a remarkable fact that several of Darwin's investigations in cosmogony, especially on the rupture of figures of equilibrium of rotating masses of fluid, resting on the same false premises which vitiated Laplace's theory, thereby cease to be of appreciable interest in respect to the *origin,* but becomes of importance for our future theories of the *destruction of systems.* Indeed, it has been justly remarked that this work relates to Cosmolethry (*κόσμος world, ὄλεθρος destruction*) rather than Cosmogony. As is well known the mathematical work itself is profound, and probably will long remain standard; but owing to weakness in the premises is not applicable to the *origin,* but only to the *destruction* of systems of stars. From this latter point of view Darwin's researches may be reckoned among the most important of our age.

5. The survey of cosmogonic theories given by Poincaré in his *Leçons* of 1911 will always ave a pathetic interest, as among the latest labors of that illustrious geometer. The present writer's work reached Poincaré after his course of lectures was practically finished, and thus could only be treated in special chapters. It has been noticed that the *Leçons* lack unity of conception, and yet they are worthy of attention on

this very account, as typifying the transition from the old to the new science of cosmogony.

6. In conclusion, I am not aware of any treatise on the new science except that given in my *Researches,* vol. II, 1910. The point of view having been profoundly altered, it would be natural for such a work to have considerable defects of detail; thus the treatment of the depth of the Milky Way and the theory of the Globular Clusters has since been greatly improved in two papers published in the « Proceedings of the American Philosophical Society », 1912, Nos. 203 and 204.

XII. **Sidereal systems preserved from the destructive power of gravity by the operation of projectile forces.**

In Herschel's discussion of the preservation of the stars in sidereal systems from « rushing on to their centers of attraction », he adds that he does not exclude *projectile forces;* and that the « admission of them will prove such a barrier against the seeming destructive power of attraction as to secure from it all the stars belonging to a cluster, if not forever, at least for millions of ages » (« Phil. Trans. », 1785, pp. 217, 266). This is an exceedingly important influence in the preservation of sidereal systems of every kind, and it deserves more than passing mention.

The explanation of *projectile forces* (such as those which set the planets revolving) now adopted, rests on the original dispersion of dust by the stars, and its inevitable collection into a nebula of unsymmetrical figure, which gradually settles and coils up, thus producing a whirling vortex about the center of the nebula, which becomes the sun, while the surviving planets circulating about it have their orbits reduced in size and rounded up into almost perfect circles by the action of the resisting medium. This is a vast improvement in our theories of the mechanics of the heavens, and as it follows directly from well established laws of motion, the traditional difficulty in the mechanical theory of the universe completely disappears, and we see that the revolutions of the stars is a necessary consequence and a proof of the cooperation of attractive and repulsive forces in nature.

As the treatment adopted in this recent work is essen-

tially a development of the theories of Herschel, and is based on the clustering power inevitably arising from the secular action of universal gravitation, it is natural that it should apply equally to sidereal systems of all types, from the very lowest, represented by the tiny satellites of the Solar System, to the very highest, represented by the most magnificent star-clouds of the Milky Way. This quality of universality assures us the fundamental law of celestial evolution, and alone makes possible the development of cosmogony as a new science of the stars, applicable, with unbroken continuity, to the entire sidereal universe.

Mare Island, California, U. S. A.

T. J. J. SEE

ESISTONO FENOMENI PSICOLOGICI NEI VEGETALI?

Veramente può sembrare strano che si possa perfino parlare della possibilità di fenomeni psicologici nel regno vegetale, quando si consideri che da taluni autori il campo della psicologia vuolsi ristretto al solo rappresentante più evoluto del mondo animale, cioè a dire all'uomo. Ma poichè dai più questo concetto restrittivo è ora abbandonato, poichè il decorso dei processi fisiologici, i quali accompagnano nell'uomo lo svolgersi dei processi psicologici, si manifesta in modo analogo anche nelle altre branche del regno animale, così oggi si inclina ad accordare una estensione maggiore al concetto psicologico, non reputandolo più esclusivo della specie umana. In ultima analisi il concetto psicologico si riduce al concetto della sensibilità. *Sentire* non vuol dire rispondere passivamente ad una eccitazione esterna, come una elettrocalamita risponde alla eccitazione elettrica con l'attrazione dell'armatura di ferro; *sentire* significa prendere atto delle eccitazioni esterne, significa *percepirle,* elaborarle nell'interno dell'organismo. Quindi è che nella sensazione si deve riconoscere un principio psicologico; le sensazioni si sogliono definire come fatti di coscienza semplice; ma sempre di coscienza; ond'è che tra i due concetti di psicologia e di sensibilità v'ha un nesso stretto indissolubile.

Le sensazioni nel mondo animale sono legate alla presenza del sistema nervoso. È in questo che gli stimoli od eccitazioni esterne provocano la prima impressione, la quale è condotta a centri speciali nei quali ha luogo la sensazione pro-

priamente detta o la percezione; e che infine ne derivano fenomeni di reazione, i quali, comunque prodotti da altri tessuti, sono sempre originati e guidati dalla attività nervosa. Man mano che noi discendiamo nella scala zoologica, tutto il piano strutturale e funzionale degli organismi si fa meno complicato dapprima, e da ultimo si rende rudimentale, allorquando ad una semplice massa di protoplasma sono affidate le funzioni tutte inerenti alla vita dell'organismo. La divisione del lavoro si attenua e cessa, con essa diminuiscono e scompaiono infine anche le differenziazioni morfologiche. E così accade naturalmente del sistema nervoso, il quale presentando mano mano una maggiore semplificazione di struttura finisce poi per scomparire nelle basse forme della scala zoologica. Sappiamo infatti che nei protozoi non è stata dimostrata con sicurezza sostanza nervosa. Nei metazoi inferiori sembra che in taluni casi non esistano cellule nervose, quantunque l'argomento sia ancora da studiare.

Ed allora sorge la domanda: i fatti di coscienza che sono intimamente legati a detto sistema, seguono anch'essi questa progressiva semplificazione fino a rendersi rudimentali nelle forme più semplici; o deve ammettersi che essi cessino ad un dato punto, quando la progressiva semplificazione dei processi fisiologici — cui essi sono legati — non rende più possibile la loro esistenza? Ed in questo caso a qual livello della scala zoologica noi dovremmo collocare una tale barriera? Evidentemente questo secondo supposto non può essere troppo logicamente accettato. Se a prima vista può sembrare difficile lo ammettere fenomeni di coscienza nelle reazioni e nei movimenti presentati, ad esempio, da un infusorio, non v'ha dubbio al contrario che quando noi consideriamo il legame filogenetico che lo lega alle forme più evolute; quando constatiamo che una continuità progressiva, ininterrotta nella branca zoologica lega tutti i processi, tutti i fenomeni dai più semplici ai più complicati, noi dobbiamo ammettere con probabilità che anche in questo caso debba riscontrarsi un rudimento di coscienza, e quindi possa ancora parlarsi di fenomeni psicologici, per quanto semplici essi debbano essere.

Ma nel mondo vegetale le cose procedono diversamente. Quivi manca completamente un sistema nervoso, nè è nota altra forma che gli corrisponda; talune fibrille dette per una lontana somiglianza nervose, scoperte in pochi casi, non pos-

sono contraddire ad un tale enunciato, anche perchè la loro esistenza è ancora messa in dubbio e la loro analogia con le vere fibrille nervose tutt'altro che accertata. Mancando il sistema nervoso si dovette ritenere mancasse una vera sensibilità, e in questo concetto convenne fino a pochi anni or sono la maggior parte degli scienziati, confortati anche dal fatto apparente che le piante, salvo pochi casi, sembravano non reagire, almeno nella maniera presentata dagli animali, agli stimoli esterni. Tra i filosofi greci si inclinò ad ammettere un'anima nelle piante, ma si negò la sensibilità.

Se non che in questi ultimi anni un tale modo di vedere è radicalmente cangiato. Si sono scoperti fenomeni di reazione assai sensibili e pressochè generali per molti degli agenti del mondo esterno; meccanismi di recezione degli stimoli, trasporto dell'eccitazione a traverso filamenti plasmatici di comunicazione, i quali possono rappresentare fisiologicamente, quantunque morfologicamente non differenziati, le fibrille nervose degli animali; apparati infine destinati alla reazione. In questi fenomeni di eccitazione, di conduzione dell'eccitazione medesima e di reazione, si distingue un tempo minimo necessario perchè lo stimolo produca la sua impressione; si ha un tempo di latenza necessario perchè l'eccitazione si propaghi e avvenga la risposta; si ha infine una persistenza dell'eccitazione sull'organo eccitato; e ciò essendo stato generalmente constatato che le eccitazioni intermittenti entro certi limiti si sommano e si comportano come se la detta eccitazione fosse continua. Fatti analoghi sono noti nella fisiologia delle sensazioni del mondo animale; v'ha anzi fra i due ordini di fenomeni una completa corrispondenza; ma v'ha di più: talune leggi speciali che regolano lo svolgersi dei suddetti fenomeni nel mondo animale si applicano anche integralmente al mondo vegetale; così dicasi della nota legge scoperta dal Weber per gli animali e la cui portata si estende ai due regni.

Sembra dunque non potersi dubitare che anche nelle piante esista una vera sensibilità e che quindi si debba parlare di un principio psicologico. Ma contro questa opinione insorgono numerosi oppositori, i quali giudicano diversamente la cosa, ritenendo che nel regno vegetale abbiano luogo soltanto fenomeni di recezioni di stimoli e di risposta, senza una facoltà vera e propria del sentire e del percepire, la quale sarebbe caratteristica dell'altro regno. La quistione quando non fosse

posta nel campo dell'indagine sperimentale minaccerebbe di divagare in una controversia teorica, indefinibile; ond'è che nel campo dell'osservazione il problema va studiato e sottoposto ad un tentativo di soluzione.

Noi seguiremo brevemente questa via e tenteremo di tracciare per grandi linee un quadro sullo stato della questione; ma prima di accingerci a questo compito, dobbiamo insistere sull'importanza del quesito che vogliamo sottoporre alla nostra attenzione, non soltanto dal punto di vista peculiare della conoscenza di un determinato ordine di fenomeni nel mondo delle piante, ma bensì da quello assai più generale dello studio dei caratteri che differenziano vegetali e animali. Le ricerche di questi ultimi anni hanno mostrato un parallelismo veramente sorprendente tra intere categorie di fenomeni appartenenti agli animali ed ai vegetali sia nel campo biologico generale che in quello citologico. Basterà rammentare nel campo della fisiologia della riproduzione le nuove conquiste fatte dalla scienza sui problemi delle variazioni, dell'ibridismo, delle mutazioni delle specie. In questo campo la fisiologia vegetale ha per prima toccate le nuove ignote plaghe; la sua consorella, la fisiologia animale le è soltanto venuta dappresso. Or bene possiamo oggi concludere alla stregua di nuovi fatti accertati, delle nuove teorie, che le stesse leggi sulla discendenza regolano le due grandi branche degli organizzati, cioè a dire la branca animale e la vegetale. Nel campo della citologia riscontriamo la stessa somiglianza; i costituenti fondamentali della cellula sono pressochè gli stessi nei due regni. Nel citoplasma non vien fatto di cogliere un carattere decisivo differenziale; il nucleo presenta la medesima struttura, il medesimo comportamento nei processi di divisione, di sessualità e di coniugazione. Le vecchie distinzioni sulla mancanza di movimento nelle piante sono oggi cadute; onde sorge infine la domanda: per quali speciali caratteri si differenziano i piani di organizzazione dei vegetali e degli animali, dal momento che queste due branche, eccettuata la comune origine, si svolgono indipendentemente le une dalle altre, in linee filogenetiche completamente distinte? E non ostante le grandi analogie alle quali abbiamo ora accennato, debbono certamente esistere differenze fondamentali, caratteristiche; vi sono insomma due piani di organizzazione distinti, su ciascuno dei quali la natura ha poi applicato presso a poco le stesse leggi.

Ora il cercare di penetrare questo segreto, di conoscere la natura intima di questi due piani, di rilevarne le differenze di funzione e possibilmente di struttura, significa nient'altro che cercare di affrontare il problema primo e il più importante dell'intera biologia.

È noto che una funzione hanno di più le piante in paragone degli animali: la facoltà di compiere le più svariate sintesi organiche, servendosi di materiali inorganici. Questa facoltà che ha il suo punto di partenza nella funzione clorofilliana è veramente caratteristica nel mondo vegetale; facoltà caratteristica non solo, ma bensì fondamentale per lo sviluppo dell'intero mondo dei viventi. Ma sorge opportuna a questo punto la domanda se una tale differenza sia la sola a caratterizzare i due regni. Dal momento che nel vegetale v'è — certamente dimostrata — una importantissima funzione che manca all'animale, può chiedersi se per una specie quasi di compensazione in quest'ultimo vi sia qualche altra funzione che manchi nel primo; ora tutti sanno che una delle differenze per cui un animale si distingue da una pianta — specialmente nei gradi più alti dell'evoluzione — è precisamente la presenza di facoltà intellettive nel primo, le quali poi mancano nella seconda. Ma si può domandare ancora: questa mancanza è assoluta o relativa? Si deve concludere che fenomeni psicologici non esistono nel regno vegetale, e non possono esistere, dato il limite di potenzialità funzionale di questo regno; o si deve invece ritenere che, per quanto ridotti ad una forma elementare, si verifichino pur sempre fenomeni di una vera sensibilità, per cui si possa anche parlare di una *psicologia vegetale?*

La questione, come abbiamo notato, è della massima importanza; non è una questione di curiosità scientifica, non prende di mira un singolo problema; è una questione che abbraccia un argomento fondamentale e generale per la biologia, quello cioè di conoscere le differenze sostanziali nella organizzazione dei due regni, e di decidere se la più sublime delle facoltà concesse agli organismi, quella cioè del sentire e del percepire, sia soltanto una prerogativa di uno solo fra essi.

La questione — come si disse — non può essere trattata dal punto di vista teorico o metafisico; vuol essere invece affrontata con il metodo positivo dell'osservazione e dell'esperienza. È una questione insomma di fisiologia, e nei limiti di questa branca di scienza dobbiamo cercare di trattarla sinteticamente.

***

Molti degli agenti del mondo esterno hanno la facoltà di provocare nei vegetali delle reazioni, delle quali le più comuni sono quelle di movimento, determinate da speciali organi. Gli agenti suddetti possono essere: la gravità, la luce, il calore, l'elettricità, l'umidità, la pressione, il contatto, le azioni chimiche. Per il suono non si conoscono nel mondo vegetale organi speciali per la recezione dello stimolo e quindi neanche per la risposta. Lo schema generale per questi fenomeni è il seguente: determinati tessuti ricevono lo stimolo od eccitazione; la risposta può aver luogo negli stessi tessuti o in regioni distanziate. In quest'ultimo caso, che è il più complicato, si distinguono adunque zone di recezione dello stimolo (e in queste zone vi sono spesso organi ben determinati), zone lungo le quali ha luogo la conduzione dello stimolo ricevuto, e zone infine nelle quali ha luogo la risposta. Ora notiamo subito che la massima differenziazione morfologica, cui deve anche corrispondere una differenziazione fisiologica, noi la riscontriamo negli organi destinati al primo di tali processi, cioè a dire alla recezione. È in tali organi che l'Haberlandt ha creduto di scorgere una analogia impressionante con il mondo animale. Per la recezione luminosa avremmo delle cellule speciali che ci ricordano gli occhi degli animali; cioè a dire cellule con disposizioni particolari atte a funzionare da lenti, mentre lo strato periferico sensibile del plasma funzionerebbe da retina. Per la recezione della forza di gravità si avrebbero corpuscoli mobili (statoliti) i quali col proprio peso determinerebbero una eccitazione sullo strato periferico, di cui abbiamo detto, di cellule speciali e ciò in analogia a quanto accade nel mondo animale. Ora tutte queste ipotesi dell'Haberlandt sono tuttora oggetto di una vivacissima discussione. Gli organi esistono e il loro funzionamento dal punto di vista fisico è fuori di discussione. Ma il loro valore fisiologico è tuttora molto incerto, specialmente per ciò che riguarda i supposti organi speciali per la recezione luminosa. Quanto alla teoria degli statoliti (corpi mobili capaci, come si è detto, di provocare la recezione della gravità) la controversia è forse minore. Da ricerche testè compiute, e in via di pubblicazione, nel nostro laboratorio di Fisiologia Vegetale dell'Istituto Bo-

tanico di Roma sono stati posti in evidenza dei fatti che sembrano decisivi nei casi studiati.

Anche per il contatto sono noti organi specifici, sui quali il dubbio non è più possibile.

Ma qualunque sia il giudizio che possa portarsi sul valore di detti organi, una constatazione è fuori dubbio: la grande loro sensibilità (usiamo per ora questa parola nel senso puramente fisico) di fronte agli agenti esterni. Basta spesso un lieve bagliore luminoso, appena percepibile dai nostri occhi per provocare reazioni di movimento; un contatto minimo, lievissimo, provoca spesso del pari una decisiva reazione.

I fenomeni di conduzione, quando essi esistono e quando si compiono — come nei vegetali aventi sempre un certo grado di differenziazione — a traverso tessuti, ossia a traverso una catena di più cellule, non sono legati alla presenza di organi speciali. Sono i comuni filamenti plasmici di comunicazione intercellulari, i quali funzionano da linee di conduzione; soltanto in determinati casi, ma non del tutto bene accertati, sarebbero state constatate delle fibrille speciali. Anche la reazione o risposta non è legata ad organi speciali. Nella *Mimosa pudica* l'eccitazione trasmessa ai tessuti del cuscinetto provoca una modificazione nelle proprietà delle membrane plasmiche cellulari. Queste lasciano sfuggire il liquido contenuto nell'interno. Ne risulta una diminuzione di turgore ed un piegamento dell'intero organo verso la metà del cuscinetto in cui il turgore è diminuito. In questo caso i fenomeni di movimento si verificano in tessuti già adulti. Ma nella generalità i movimenti sono collegati con una diversa accelerazione nell'accrescimento di due metà antagonistiche di un dato organo; e se una metà si accresce più dell'altra segue un piegamento per cui il lato che ha presentato maggiore accrescimento diviene convesso, e l'altro invece si fa concavo. Tali movimenti (tropismi), dovuti ad ineguale accrescimento provocato da una eccitazione esterna, rappresentano il caso più frequente.

La catena dei singoli processi è adunque molto semplice; essa consta di questi soli tre anelli: recezione dell'eccitazione, conduzione, reazione o risposta. Se ora ci facciamo ad osservare il quadro generale presentato dal mondo animale noi riscontreremo tosto una differenza sostanziale. Tra gli organi destinati alla recezione e quelli proprî per la reazione non vi

sono soltanto linee di conduzione, ma v'è inoltre un organo centrale, costituito da cellule nervose, nelle quali ha luogo una percezione dell'eccitazione, ed un'eventuale combinazione ad altre eccitazioni provenienti da altri organi recettivi; od anche un'associazione ad eccitazioni d'antica data, giacenti per così dire allo stato latente e che ora possono ridestarsi ridivenendo attive (fenomeni di memoria) ed unendosi anch'esse alle eccitazioni novelle. Ne risulta un fenomeno complesso, un atto di associazione e di percezione, per il quale si provoca un'elaborazione delle singole eccitazioni, risultandone una rappresentazione nuova, che costituisce la sensazione propriamente detta, il fenomeno psichico o di coscienza. La risposta che ne risulta è in rapporto con questo nuovo e complesso stato cui ha dato luogo la funzione specifica dell'organo centrale; la catena dei fenomeni è adunque in questo caso ben più complessa e si differenzia grandemente da quella presentata dal mondo vegetale.

La ricerca di un qualche organo, o di un qualche gruppo di cellule che possa compiere quantunque embrionalmente la funzione di un organo centrale è stata attivissima nel mondo vegetale, ma il risultato fu decisamente negativo. Nei fenomeni di movimento presentati dai tentacoli di *Drosera rotundifolia* (una pianta carnivora generalmente nota) si era creduto di riscontrare nelle glandule digestive la funzione suddetta, perchè eccitata la glandula di un solo tentacolo, il movimento era compiuto anche da altri tentacoli, e siccome la sola glandola è capace di ricevere l'eccitazione, si credeva che questa passasse dalla glandola di un primo tentacolo alle glandole dei circostanti e da queste ultime poi partisse verso la base dei singoli tentacoli un impulso per il movimento. In questo caso si sarebbero avuti fenomeni di conduzione centripeta e centrifuga, di una eccitazione di senso nel primo caso, di moto nel secondo. Ma esperienze ulteriori dimostrarono la fallacità di questo giudizio. Decapitando tutti i varî tentacoli, tranne uno solo, ed eccitando la glandola di questo, si aveva parimenti il movimento di tutti gli altri, il che significa che non v'ha nè conduzione centripeta nè centrifuga rispetto alle altre glandole — che in questo caso erano state asportate — ma semplice conduzione dalla glandula eccitata alla base degli altri filamenti, nei quali ha luogo per reazione il movimento.

Tuttavia, nonostante la mancanza di un organo centrale morfologicamente determinato, può chiedersi se v'abbiano fenomeni di percezione o di associazione negli stessi organi destinati alla recezione. Poichè potrebbe essere accettata l'ipotesi che, non ostante la mancanza di differenziazione morfologica, lo stesso organo potesse contemporaneamente compiere la funzione di recezione dell'eccitazione e di percezione. La nostra attenzione va principalmente rivolta agli apici radicali, i quali secondo le maggiori probabilità, nonostante controversie tuttora esistenti, debbono ritenersi quali organi specifici per la recezione della forza di gravità. Ora è noto che fin dal tempo di Carlo Darwin, il quale aveva compiuto le classiche esperienze sulla decapitazione di detti apici, era messa in evidenza la loro azione direttrice grandissima nei movimenti dell'intera radice; tantochè il sommo naturalista inglese li paragonava per la loro funzione ad una specie di cervello. Nell'impossibilità di entrare in uno degli argomenti più largamente discussi e più ricchi di osservazioni ed esperienze, talvolta anche contradittorie, io mi limiterò a ricordare che probabilmente il fenomeno della recezione dell'eccitazione ha luogo per lo più nella cuffia o caliptra la quale sovrasta all'apice radicale. In essa si riscontrano sovente dei granuli di amido (statoliti) perfettamente mobili e capaci di provocare con il loro spostamento una eccitazione. Ma molti autori ritengono che all'apice propriamente detto sottostante alla caliptra sia riservata una funzione del pari importante, quella di dare il *Tonus* come suol dirsi, ossia di provocare una coordinazione di movimenti. Tale ipotesi si appoggia sul fatto che provocando delle lesioni sull'apice senza ledere l'apparecchio statolitico ne risultano dei movimenti disorientati, che sarebbero appunto dipendenti dalla mancata azione dell'apice leso. Se non che la risposta in questo caso è facile, e tale da mettere veramente in dubbio l'attendibilità dell'ipotesi suddetta. Lesionando l'apice, l'irritazione si propaga all'intorno e può quindi raggiungere anche l'apparecchio statolitico; inoltre le vie di conduzione debbono traversare i tessuti lesionati; non vi è quindi bisogno di ricorrere all'ipotesi di una funzione speciale dell'apice per spiegare le derturbate funzioni di reazione.

Tuttavia è certo che nell'apice radicale possono aver luogo fenomeni di combinazioni di almeno due stimoli: uno tra gli esempi che possono essere addotti ci è dato dai fenomeni di

movimento provocati dalla gravità (geotropismo) e da quelli provocati dall'azione dell'umidità (idrotropismo). Le giovani radici si dirigono secondo l'azione della gravità, ma anche sono attratte verso le regioni dell'ambiente esterno, nel quale domini l'umidità. Ora come l'apice radicale è l'organo di recezione per lo stimolo provocato dalla gravità, così lo è ancora per quello originato dall'umidità. E l'utile che la pianta ritrae da questo doppio ordine di fenomeni è evidente. Seguendo la gravità essa tende ad approfondire verticalmente le radici primarie ed a conquistare con le secondarie che si dirigono lateralmente più o meno inclinate le regioni circostanti del sottosuolo, ma con l'idrotropismo le radici stesse si piegano verso quei determinati punti nei quali abbonda l'acqua di cui abbisognano. Ora le eccitazioni di questi due agenti, gravità ed umidità, sono ricevute dallo stesso organo; in esso si combinano, dando luogo ad un movimento complesso di reazione. Si vorrà da taluno ritenere che ciò corrisponda ad un fenomeno puramente fisico; che cioè le due eccitazioni diano origine ad un movimento di reazione, così come due o più forze concorrenti possono dar luogo ad una risultante secondo la nota regola del poligono delle forze. Ma non dobbiamo a questo punto dimenticare che noi siamo nel campo della fisiologia, che questi fenomeni si svolgono nel corpo di organismi viventi, e che non può essere giustificato il tentativo di voler ridurre il decorso di processi fisiologici al tipo di processi puramente meccanici.

Ma nei vegetali esistono senza dubbio altri fenomeni i quali fanno pensare alla possibilità di un atto, per quanto elementare, di percezione sensitiva. È noto che la luce può provocare movimenti di orientamento o verso la sorgente luminosa (eliotropismo positivo) o in senso contrario (eliotropismo negativo). Ora in taluni casi e specialmente in organismi vegetali inferiori i quali per le loro condizioni di vita non sono adattati alla forte radiazione — noi abbiamo questo fatto curioso: che un'illuminazione debole produce una reazione positiva, una più intensa una reazione negativa; per una illuminazione intermedia si ha uno stato indifferente. Ciò fu constatato per talune alghe come per la *Vaucheria* e sopratutto per il *Phycomyces*. I filamenti di questo fungo presentano movimenti rappresentabili con una curva nella quale si passa dalla reazione spiccatamente positiva ad uno stato di reazione

nullo e quindi ad una reazione spiccatamente negativa. Ma da studî recenti risulta che un simile fatto può verificarsi anche nelle piante superiori. Per radiazioni intensissime o prolungate si può passare dalla reazione positiva allo stato neutro, indi alla reazione negativa e perfino di nuovo alla positiva. Altre ricerche hanno parimenti mostrato che fenomeni analoghi si verificano per il geotropismo. La forza di gravità è una forza costante che non è in nostro potere di modificare. Ma noi possiamo fare intervenire oltre la gravità la forza centrifuga mediante apparecchi di rotazione; questa forza agisce come la gravità, ma è variabile secondo la nostra volontà ed allora possiamo sperimentarne i varî effetti per diverse intensità. Si è così constatato che mentre talvolta delle giovani radici presentano per moderate intensità la reazione ordinaria (geotropismo positivo), per intensità più forti invertono la reazione dirigendosi in senso opposto (geotropismo negativo). In questi casi l'organismo ha certamente mostrato una controreazione verso l'eccitazione troppo forte; ha invertito i suoi movimenti. Ma perchè ciò possa accadere bisogna ammettere che l'organismo stesso abbia percepito in qualche modo l'azione dell'eccitazione stessa, perchè poi sia stato possibile l'insorgere di un fatto nuovo interno, che ha provocata l'inversione di tutto il meccanismo di reazione.

Tali fenomeni male si spiegano con una rappresentazione puramente fisica.

Anche l'azione prolungata della gravità e della luce tende in molti casi a provocare una controreazione ed una inversione di movimenti. Il fatto meglio conosciuto è quello provocato dalla luce nei filamenti di *Phycomyces*, dei quali abbiamo sopra parlato. Un'illuminazione continua, secondo Oltmann, provoca dopo alcune ore una inversione di movimento. In questo caso non è la crescente intensità dell'eccitazione esterna, ma è invece la sua lunga durata la quale provoca una controreazione. Anche secondo gli studi, ai quali ho accennato, nelle piante superiori accadono fenomeni simili assai interessanti. Per i germogli di avena il Pringsheim ed il Clark hanno dimostrato che si può sottoporre la giovane pianta ad una illuminazione plurilaterale, la quale naturalmente non provoca nessun effetto per ciò che riguarda il curvamento. Ma una successiva illuminazione unilaterale provoca una reazione diversa secondo la durata e l'intensità dell'illuminazione pre-

cedente. Evidentemente quindi nella materia vivente, nella quale avvengono tali fenomeni, le eccitazioni che sono passate hanno lasciato una traccia, la quale costituisce un fatto interno, capace di provocare un fenomeno di associazione con le nuove eccitazioni che arrivano dall'esterno, e di dar luogo ad una reazione differente. Si potrà obbiettare che in questi casi si tratta di un fenomeno di stanchezza quasi del protoplasma, per cui esso reagisce, come una molla troppo tesa, all'agente che lo ha eccessivamente eccitato; ma comunque vogliano giudicarsi tali fatti, certo è che il decorso dei fenomeni così detti di sensitività nelle piante non può ridursi al semplice schema di una *recezione,* di una *trasmissione,* e di una *reazione;* resta chiaramente dimostrato che le eccitazioni lasciano la loro impronta sulla materia vivente, che questa ne prova una intima modificazione, per cui insorgono nuovi fatti interni; ora in ciò sembra ragionevole che debba riconoscersi un principio di percezione. Inoltre per i germogli di avena non può neanche invocarsi questa pretesa stanchezza perchè per eccitazioni luminose crescenti si passa dalla reazione positiva allo stadio neutro, indi alla reazione negativa, ma poi ancora di nuovo ad una reazione positiva.

Un altro fatto assai curioso ed interessante ci è presentato dalla *Linaria Cymbalaria*, una piantina che vive comune specialmente attaccata ai muri, ecc. I rami fioriferi si rivolgono verso la luce e ciò corrisponde ad una condizione ecologica della pianta. Ma non appena è avvenuta la fecondazione e la pianta ha il tornaconto a volgere i propri rami verso il muro ove i semi potranno attecchire, interviene una inversione di movimento, i rami fioriferi non si volgono più verso la luce ma la fuggono. Anche nel presente caso una tale inversione è provocata da un fatto interno, quale le modificazioni indotte dall'avvenuta fecondazione; ora anche questo, al pari degli altri casi sopra enumerati, sta a dimostrare la complessità del fenomeno di reazione alle eccitazioni esteriori.

Tralascio altri esempi consimili che potrebbero essere descritti e passo ad un caso classico presentato da talune piante, ad un caso che ha dato luogo a discussioni interessanti sull'esistenza di fenomeni mnemonici nei vegetali. Intendo alludere a quelle piante che presentano movimenti diversi nelle loro foglie provocati dall'alternanza della luce e dell'oscurità,

ossia del giorno e della notte. Come è noto, le foglie composte di molte piante si aprono durante il giorno, prendendo la posizione così detta diurna, e si chiudono la sera assumendo la posizione notturna o di sonno che manterranno durante la notte. Tali movimenti sono indubbiamente provocati dall'azione luminosa agente ad intervalli; ma quando le piante stesse siano portate e mantenute all'oscurità accade un fatto curioso: il movimento si compie regolarmente nelle stesse ore, e si continua per giorni e per settimane, finchè comincia a divenire irregolare dapprima e poi cessa del tutto. Ora in questi fatti si è voluto riscontrare un principio di memoria. La pianta ricorda, si è detto, l'eccitazione luminosa e compie il movimento alla stessa scadenza di tempo anche quando l'azione luminosa non si fa più sentire. Ma d'altro canto delle tenaci obbiezioni sono state mosse a questo modo di spiegare il fenomeno. Si è opposto trattarsi in questo caso di un movimento passivo, ritmico acquistato dalla pianta e che essa ripete per un certo tempo, quando anche siano state rimosse le cause che lo hanno originato; si è parlato di un movimento pendolare per l'analogia che può presentare con le oscillazioni di un pendolo; si è supposto che l'alternanza di luce e di oscurità possa provocare un succedersi alternato di determinati processi chimici, e che gli stessi processi possano anche continuare per un certo tempo all'oscurità. Ma se questi ed altri argomenti possono avere un certo valore non si può tuttavia negare nei vegetali la facoltà di conservare le impressioni di eccitazione precedentemente ricevute.

Si dice: ciò può avvenire per un semplice processo fisico-chimico; ma i processi fisico-chimici non accompagnano forse anche negli animali superiori i processi di sensazione o di percezione? E intimamente connesso con il processo psicologico non si deve sempre ammettere, qualunque sia la scuola filosofica cui si appartenga, il decorso di un processo fisiologico?

Quindi anche questi ultimi fatti, comunque vogliano interpretarsi, stanno a dimostrare che si tratta sempre di fenomeni di molto complessi, e che non si può parlare di semplici processi di recezione, di conduzione e di reazione, quali potrebbero compiersi per via puramente fisica, ad esempio, in una macchina.

Ed ora è opportuno ripetersi la domanda: si può parlare di fenomeni psichici nei vegetali? La risposta non è ancora

facile: dipende principalmente dall'estensione che noi vogliamo dare al concetto psichico. Tuttavia il problema può essere di molto semplificato se noi lo affrontiamo da un altro punto di vista.

***

Se volgiamo lo sguardo alla presenza e allo sviluppo del sistema nervoso nel regno animale noi constatiamo che questo sistema manca nei tipi più bassi. Sappiamo altresì che questo sistema, una volta comparso, rapidamente si evolve man mano che ci portiamo nei rami superiori dell'albero zoologico. Con l'evoluzione e col perfezionamento morfologico va di pari passo l'evoluzione fisiologica, talchè questa è massima negli animali superiori e nell'uomo, nel quale le facoltà intellettive raggiungono il più alto grado di sviluppo. Come già fu accennato, con il processo fisiologico si deve ritenere strettamente collegato il processo psicologico, e come il primo si semplifica fino a divenire rudimentale nelle forme più basse, così si deve ritenere che anche il secondo segua la stessa via. Quando scompare un sistema nervoso bene differenziato, resta sempre, finchè permane il fenomeno della vita, il protoplasma irritabile, al quale sono affidate anche le funzioni di ricevere gli stimoli e di reagire. Si può dunque con probabilità ritenere, che anche in queste forme più basse vi sia rudimentalmente la facoltà del sentire e del percepire; e che le vivaci manifestazioni di vita e di movimento presentate da questi organismi debbono essere collegate ad una tale facoltà. Ciò anche per ammettere una continuità nella catena dei fenomeni fisiologici, così come la riscontriamo nella differenziazione morfologica. In ogni modo, qualunque possa essere l'opinione sulla natura di tali fenomeni, certo è che dal lato della sensibilità queste basse forme del regno animale si rassomigliano completamente alle corrispondenti del regno vegetale. Una spora mobile, ciliata, di un'alga si muove con la stessa vivacità di un organismo inferiore ciliato del regno animale; reagisce del pari agli agenti esterni, mostra una stessa sensibilità, dato che di vera sensibilità possa parlarsi in questi casi. Ma se ora noi percorriamo l'albero filogenetico nei vegetali, se ci eleviamo nelle branche più alte noi troviamo che la sensibilità (adoperiamo sempre questo termine con una riserva sul suo signi-

ficato) permane presso a poco la stessa. Potremmo riscontrare un perfezionamento in taluni organismi di recezione dello stimolo, e ciò specialmente se dovessero ritenersi dimostrate le geniali concezioni dell'Haberlandt, ma il fenomeno della sensibilità si presenta lo stesso. I filamenti sporangiferi di taluni funghi si mostrano così squisitamente sensibili all'azione della gravità e della luce, così come lo possono essere dei vegetali superiori; sappiamo anzi — ed è stato pecedentemente accennato — che per lo studio di questa branca della fisiologia vegetale si ricorre spesso a vegetali inferiori. È stato detto delle belle esperienze sui *Phycomyces* e delle conclusioni che ne sono state tratte per la soluzione di taluni problemi riguardanti la sensibilità in genere nelle piante. Ora nulla di simile potrebbe tentarsi nel regno animale; sarebbe assurdo confondere i fenomeni di sensibilità presentati da un animale superiore con quelli propri di un animale inferiore. Si potrà in essi riconoscere lo stesso principio informatore, ma la distanza che li separa è grandissima, quantunque questa distanza sia collegata da una lunga catena di anelli.

Nei vegetali invece non v'è la facoltà di evolvere la funzione del sentire. Essa resta tale e quale è nei gradini più bassi nei quali il regno vegetale si rannoda a quello animale e i caratteri differenziali progressivamente scompaiono. E allora noi potremo dire che la sensibilità del regno vegetale è la stessa delle forme più basse del regno animale, nelle quali la differenziazione morfologica è ancora agli inizi e manca un sistema nervoso. E affermeremo che nelle piante si debba riconoscere un principio psicologico, se questo stesso principio si ammetta negli animali inferiori; ma se in questi si neghi, negarlo parimenti per quelle.

Ora la questione se negli animali inferiori, ai quali è stato accennato, esista un tale principio è certamente controversa, nonostante gli argomenti a suo favore dei quali fu già parlato; da una tale quistione possono derivarne interminabili discussioni. Meglio è troncarla e limitarsi invece ad una opportuna distinzione; a separare cioè i processi elementari che si verificano negli animali inferiori sprovvisti di un sistema nervoso dagli altri che si manifestano negli organismi aventi questo sistema. Potremo designare i primi come *processi di sensibilità inferiore,* e i secondi come *processi di sensibilità superiore,* restando naturalmente indeciso, poichè trattasi di qui-

stione che trascende dai limiti di uno studio sperimentale, se con l'espressione di *sensibilità inferiore* si voglia parlare di una vera sensibilità nel senso psicologico. E concluderemo che la sensibilità inferiore si riscontra da sola e come tale è caratteristica di taluni animali all'infimo limite della scala zoologica e di tutte le piante; la *sensibilità superiore* è propria e caratteristica di tutto il mondo animale non appena esso si elevi dalle forme più basse.

Torniamo ora ad una quistione che abbiamo posto nel principio di questo studio. Per quali differenze sostanziali si distinguono i due piani fondamentali di struttura caratteristici del regno animale e del vegetale? Abbiamo detto che agli animali manca una proprietà essenziale, che è caratteristica invece dei vegetali, la proprietà di fabbricare direttamente la sostanza organica da sostanze inorganiche; e questa proprietà, che si denomina *organicazione,* è proprietà essenziale, poichè senza di essa non si può concepire l'*assimilazione* propriamente detta, che si compie soltanto a spese di sostanze organiche. Ora possiamo aggiungere che gli animali hanno in compenso una proprietà in più: quella di presentare i fenomeni di *sensibilità superiore.* Le altre qualità, come *assimilazione, dinamogenesi* (o respirazione in senso lato), *accrescimento, procreazione,* e anche *sensibilità inferiore,* sono comuni ai due regni. Possiamo infatti estendere a tutto il regno animale la proprietà di possedere una sensibilità inferiore, poichè essa si trova naturalmente compresa nei fenomeni di *sensibilità superiore.* Tutte le cellule ad esempio di un organismo superiore, anche se non appartenenti al sistema nervoso, posseggono una delle proprietà essenziali della materia vivente, cioè a dire l'*irritabilità,* la quale non è se non l'espressione di una *sensibilità* inferiore. Dunque anche questa va messa tra le proprietà comuni ai due regni. Ma le altre due, cioè l'*organicazione* e la *sensibilità* superiore, non possono coesistere contemporaneamente, e secondo che l'una o l'altra è rappresentata nel piano fondamentale di struttura noi abbiamo che gli organismi si svolgono o nell'una o nell'altra delle due grandi branche: vegetale ed animale.

Con ciò adunque il problema della sensibilità nelle piante è posto in una nuova luce. Non è possibile che il regno vegetale possegga una proprietà sulla cui esclusione si basa il piano di organizzazione del regno stesso, come non è possibile

per la stessa ragione che agli animali siano concesse le proprietà sintetiche, che sono caratteristiche invece delle piante.

Ed ora un'ultima considerazione.

Da molti anni si è manifestata la tendenza di collegare il concetto di proprietà negli organismi, e particolarmente di proprietà ereditarie, a quello di unità morfologiche trasmettitrici dei caratteri stessi. Dette unità debbono concepirsi come dei complessi di materia organizzata; si chiamarono tuttavia *unità* perchè ad essi si supposero legati dei caratteri elementari. I varî autori si sbizzarrirono nell'assegnare loro una infinità di nomi diversi, che torna superfluo il ricordare. Queste concezioni, puramente teoriche, ricevettero la prima dimostrazione nel campo sperimentale quando fu illustrata l'opera dell'abate Gregorio Mendel intorno ai fenomeni di ibridazioni. Per gli studî di questo sperimentatore noi siamo in grado di affermare oggi l'esistenza di particelle di materia vivente individualizzate nella cellula e alle quali sono legati determinati caratteri. Nelle esperienze del celebre abate noi assistiamo al fenomeno della trasmissione di queste particelle nel processo fecondativo; alla loro mescolanza, al loro reciproco influenzarsi, al loro successivo disgiungersi. Dobbiamo quindi concludere essere i caratteri particolari degli organismi legati ad aggruppamenti corrispondenti nella materia organizzata. Analogamente non potrà ritenersi troppo audace il supposto che anche i caratteri fondamentali siano del pari dovuti alla presenza di aggruppamenti materiali principali variamente fra loro collegati o combinati.

Noi siamo ben lungi dal conoscere la costituzione di una particella di materia organizzata. Ma dobbiamo ritenere che in essa dominino tuttavia le stesse leggi fondamentali di natura fisico-chimica che regolano la materia non organizzata. Sappiamo che la costituzione di una molecola risulta da una combinazione di un certo numero di atomi non più oggi considerati come corpi elementari indivisibili, ma bensì come complessi di particelle materiali più piccole, ritenute allo stato delle nostre cognizioni elementari. Ora queste combinazioni avvengono secondo leggi determinate di proporzione, secondo un determinato numero di legami possibili. Un concetto analogo possiamo applicare alla costituzione di una particella elementare di materia vivente, la quale è da noi chiamata elementare solo perchè rappresenta l'espressione più semplice

in paragone di altre strutture più evolute di un ordine superiore. Ma anche in questa debbono entrare, parimenti collegati o combinati, degli aggruppamenti materiali, ai quali debbono ritenersi in qualche modo inerenti i caratteri elementari della materia vivente. Orbene potremo ritenere che anche nel collegamento di tali aggruppamenti si verifichino determinate leggi di proporzione, per modo che vi sia un limite fra i gruppi che fra loro si collegano, come vi è un limite nel numero degli atomi che si combinano per la costituzione di una molecola. Ora quanto abbiamo esposto in questo nostro studio ci dice che non possono simultaneamente essere rappresentate le proprietà tutte fondamentali, che riscontriamo in ambedue i regni. Non abbiamo un esempio di un tipo intermedio abbastanza evoluto tra animali e vegetali; di un essere che possedendo sistema nervoso e funzioni di sensibilità superiore abbia nel tempo stesso le proprietà sintetiche che sono proprie delle piante. L'uno di questi due caratteri esclude di necessità l'altro. Prova questa che nel piano di organizzazione della materia vivente non v'è posto per ambedue, ma v'è una legge limite per cui soltanto un determinato numero di caratteri, rappresentati da altrettanti aggruppamenti materiali, può essere possibile. Unitamente adunque alle proprietà essenziali e necessarie per tutti gli organismi non possono simultaneamente coesistere le altre due dell'organicazione e della sensibilità superiore. L'una di queste, per una specie di legge limite e di proporzione, esclude l'altra.

Ne risultano così due tipi fondamentali nei piani di struttura che sono i due punti di partenza per lo sviluppo dei due regni vegetale ed animale.

Così il problema della sensibilità delle piante può esser posto in nuova luce; così possiamo spiegare perchè in esse non siano possibili i fenomeni di sensibilità superiore, proprî degli animali.

Ma ritornando ora alla domanda: se debbano ammettersi fenomeni psicologici nelle piante, noi diremo che la risposta dipende dall'estensione che vuol darsi al concetto psicologico; che il problema va egualmente posto per le piante e per gli animali inferiori, situati all'ultimo grado della scala zoologica. L'ipotesi che anche in questi ultimi debba riscontrarsi un principio psicologico appare probabile; ma la decisiva risposta non è e non sarà forse mai possibile, poichè con essa si tende

ad invadere una parte di quel campo dell'*inconoscibile,* nel quale il metodo sperimentale smarrisce la propria efficacia e la mente umana deve confessare la propria impotenza, rinunziando a quelle conquiste che ad essa in altri campi non sono contese.

Roma, Università, Istituto Botanico.

CAMILLO ACQUA

LE DUALISME DE LA NATURE HUMAINE ET SES CONDITIONS SOCIALES

Bien que la sociologie se définisse la science des sociétés, en réalité, elle ne peut traiter des groupes humains, qui sont l'objet immédiat de sa recherche, sans atteindre finalement l'individu, élément dernier dont ces groupes sont composés. Car la société ne peut se constituer qu'à condition de pénétrer les consciences individuelles et de les façonner « à son image et ressemblance »; sans vouloir dogmatiser avec excès, on peut donc dire avec assurance que nombre de nos états mentaux, et des plus essentiels, ont une origine sociale. Ici, c'est le tout qui, dans une large mesure, fait la partie; par suite, il est impossible de chercher à expliquer le tout, sans expliquer la partie, ~~ou~~ au moins par contre-coup. Le produit par excellence de l'activité collective, c'est cet ensemble de biens intellectuels et moraux qu'on appelle la civilisation; c'est pourquoi Auguste Comte faisait de la sociologie la science de la civilisation. Mais, d'un autre côté, c'est la civilisation qui a fait l'homme ce qu'il est; c'est elle qui le distingue de l'animal. L'homme n'est un homme que parce qu'il est civilisé. Chercher les causes et les conditions dont la civilisation dépend, c'est donc chercher aussi les causes et les conditions de ce qu'il y a, dans l'homme, de plus spécifiquement humain. C'est ainsi que la sociologie, tout en s'appuyant sur la psychologie dont elle ne saurait se passer, lui apporte, par un juste retour, une contribution qui égale et dépasse en importance les services qu'elle en reçoit. C'est seulement par l'analyse historique qu'on peut se rendre compte de quoi l'homme est formé; car c'est seulement au cours de l'histoire qu'il s'est formé.

L'ouvrage que nous avons récemment publié sur les *Formes élémentaires de la vie religieuse*[1] permet d'illustrer par un exemple cette vérité générale. En cherchant à étudier sociologiquement les phénomènes religieux, nous avons été amené à entrevoir une façon d'expliquer scientifiquement une des particularités les plus caractéristiques de notre nature. Comme, à notre grande surprise, le principe sur lequel repose cette explication ne paraît pas avoir été aperçu par les critiques qui, jusqu'à présent, ont parlé de ce livre, il nous a paru qu'il pourrait y avoir quelque intérêt à l'exposer sommairement aux lecteurs de « Scientia ».

I.

Cette particularité, c'est la dualité constitutionnelle de la nature humaine.

De cette dualité, l'homme lui-même a eu, de tout temps, le vif sentiment. Partout, en effet, il s'est conçu comme formé de deux êtres radicalement hétérogènes: le corps, d'un côté, l'âme de l'autre. Alors même que l'âme est représentée sous forme matérielle, la matière dont elle est faite passe pour n'être pas de la même nature que le corps. On dit qu'elle est plus éthérée, plus subtile, plus plastique, qu'elle n'affecte pas les sens comme les objets proprement sensibles, qu'elle n'est pas soumise aux mêmes lois, etc.... Non seulement ces deux êtres sont substantiellement différents, mais ils sont, dans une large mesure, indépendants l'un de l'autre, souvent même en conflit. Pendant des siècles, on a cru que l'âme pouvait, dès cette vie, s'échapper du corps et mener au loin une existence autonome. Mais c'est surtout à la mort que cette indépendance s'est toujours affirmée le plus nettement. Alors que le corps se dissout et s'anéantit, l'âme lui survit et, dans des conditions nouvelles, elle poursuit, pendant un temps plus ou moins long, le cours de ses destinées. On peut même dire que, tout en étant étroitement associés, l'âme et le corps n'appartiennent pas au même monde. Le corps fait partie intégrante de l'univers matériel, tel que nous le fait connaître l'expérience sensible; la patrie de l'âme est ailleurs, et l'âme tend sans cesse à y retourner. Cette patrie, c'est le monde des choses sacrées. Aussi

[1] Paris, Alcan, 1912.

est-elle investie d'une dignité qui a toujours été refusée au corps; alors que celui-ci est considéré comme essentiellement profane, elle inspire quelque chose de ces sentiments qui sont partout réservés à ce qui est divin. Elle est faite de la même substance que les êtres sacrés: elle ne diffère d'eux qu'en degrés.

Une croyance aussi universelle et aussi permanente ne saurait être purement illusoire. Pour que, dans toutes les civilisations connues, l'homme se soit senti double, il faut qu'il y ait en lui quelque chose qui ait donné naissance à ce sentiment. Et en effet, l'analyse psychologique vient le confirmer: au sein même de notre vie intérieure, elle retrouve la même dualité.

Notre intelligence comme notre activité présentent deux formes très différentes: il y a les sensations[1] et les tendances sensibles d'un côté, la pensée conceptuelle et l'activité morale de l'autre. Chacune de ces deux parties de nous-même gravite autour d'un pôle qui lui est propre, et ces deux pôles ne sont pas seulement distincts, ils sont opposés. Nos appétits sensibles sont nécessairement égoïstes; ils ont pour objet notre individualité et elle seule. Quand nous satisfaisons notre faim, notre soif, etc., sans qu'aucune autre tendance soit en jeu, c'est nous-même et nous seul que nous satisfaisons.[2] Au contraire, l'activité morale se reconnaît à ce signe que les règles de conduite auxquelles elle se conforme sont susceptibles d'être universalisées; elle poursuit donc, par définition, des fins impersonnelles. La moralité ne commence qu'avec le désintéressement, l'attachement à autre chose que nous-même.[3] Même contraste dans l'ordre intellectuel. Une sensation de couleur ou de son tient étroitement à mon organisme individuel et

[1] Aux sensations, il faudrait ajouter les images: mais, comme celles-ci ne sont que les sensations se survivant à elles mêmes, il nous paraît inutile de les mentionner séparément. Il en est de même de ces conglomérats d'images et de sensations que sont les perceptions.

[2] Il y a, sans doute, des penchants égoïstes qui n'ont pas pour objet des choses matérielles. Mais les appétits sensibles sont le type, par excellence, des tendances égoïstes. Nous croyons même que les inclinations qui nous attachent à un objet d'autre genre, quelque rôle qu'y joue le mobile égoïste, impliquent nécessairement un mouvement d'expansion hors de nous qui dépasse le pur égoïsme. C'est le cas, par exemple, de l'amour de la gloire, du pouvoir, etc.

[3] V. notre communication à la Société française de philosophie sur *La Détermination du fait moral* (« Bulletin de la Société fr. de phil. », 1906, p. 113 et sqq.).

je ne puis l'en détacher. Il m'est impossible de la faire passer de ma conscience dans la conscience d'autrui. Je peux bien inviter autrui à se mettre en face du même objet et à en subir l'action, mais la perception qu'il en aura ainsi sera son œuvre et sera sienne, comme la mienne m'est propre. Au contraire, les concepts sont toujours communs à une pluralité d'hommes. Ils se constituent grâce aux mots; or, le vocabulaire comme la grammaire d'une langue ne sont l'œuvre ni la chose de personne en particulier; il sont le produit d'une élaboration collective et ils expriment la collectivité anonyme qui les emploie. La notion d'homme ou d'animal ne m'est pas personnelle; elle m'est, dans une large mesure, commune avec tous les hommes qui appartiennent au même groupe social que moi. Aussi, parce qu'ils sont communs, les concepts sont-ils l'instrument par excellence de tout commerce intellectuel. C'est par eux que les esprits communient. Sans doute, chacun de nous individualise, en les pensant, les concepts qu'il reçoit de la communauté, les marque de son empreinte personnelle; mais il n'est pas de chose personnelle qui ne soit susceptible d'une individualisation de ce genre.[1]

Ces deux aspects de notre vie psychique s'opposent donc l'un à l'autre comme le personnel à l'impersonnel. Il y a, en nous, un être qui se représente tout par rapport à lui, de son point de vue propre, et qui, dans ce qu'il fait, n'a pas d'autre objet que lui-même. Mais il y en a aussi un autre qui connaît les choses *sub specie aeternitatis,* comme s'il participait d'une autre pensée que la nôtre, et qui, en même temps, dans ses actes, tend à réaliser des fins qui le dépassent. La vieille formule *Homo duplex* est donc vérifiée par les faits. Bien loin que nous soyons simples, notre vie intérieure a comme un double centre de gravité. Il y a, d'une part, notre individualité, et, plus spécialement, notre corps qui la fonde;[2] de l'autre, tout ce qui, en nous, exprime autre chose que nous-même.

[1] Nous n'entendons pas refuser à l'individu la faculté de former des concepts. Il a appris de la collectivité à former des représentations de ce genre. Mais, même les concepts qu'il forme ainsi ont le même caractère que les autres: ils sont construits de manière à pouvoir être universalisés. Même quand ils sont l'œuvre d'une personnalité, ils sont, en partie, impersonnels.

[2] Nous disons *notre individualité* et non *notre personnalité*. Bien que les deux mots soient souvent pris l'un pour l'autre, il importe de les distinguer avec le plus grand soin. La personnalité est faite essentiellement d'éléments supra-individuels. (V. sur ce point *Formes élémentaires de la vie religieuse*, p. 386-390).

Ces deux groupes d'états de conscience ne sont pas seulement différents par leurs origines et leurs propriétés; il y a entre eux un véritable antagonisme. Ils se contredisent et se nient mutuellement. Nous ne pouvons nous donner aux fins morales sans nous déprendre de nous-même, sans froisser les instincts et les penchants qui sont le plus profondément enracinés dans notre corps. Il n'y a pas d'acte moral qui n'implique un sacrifice, car, comme l'a montré Kant, la loi du devoir ne peut se faire obéir sans humilier notre sensibilité individuelle ou, comme il disait, « empirique ». Ce sacrifice, nous pouvons bien l'accepter sans résistance et même avec enthousiasme. Mais, alors même qu'il est accompli dans un joyeux élan, il ne laisse pas d'être réel; la douleur que recherche spontanément l'ascète ne laisse pas d'être de la douleur. Et cette antinomie est si profonde et si radicale qu'elle ne peut jamais être résolue à la rigueur. Comment pourrions-nous être tout entier à nous-même, et tout entier aux autres, ou inversement? Le moi ne peut être tout entier autre chose que soi-même, car alors il s'évanouirait. C'est ce qui arrive dans l'extase. Pour penser, il faut être, il faut avoir une individualité. Mais, d'un autre côté, le moi ne peut être tout entier et exclusivement soi-même, car alors il se viderait de tout contenu. Si, pour penser, il faut être, il faut aussi avoir des choses à penser. Or, à quoi se réduirait la conscience si elle n'exprimait que le corps et ses états? Nous ne pouvons pas vivre sans nous représenter le monde qui nous entoure, les objets de toute sorte qui le remplissent. Mais, par cela seul que nous nous les représentons, ils entrent en nous, deviennent ainsi partie de nous-même; par suite, nous y tenons, nous nous y attachons en même temps qu'à nous-même. Dès lors, il y a en nous autre chose que nous à solliciter notre activité. C'est une erreur de croire qu'il nous est facile de vivre en égoïste. L'égoïsme absolu comme l'altruisme absolu sont des limites idéales qui ne peuvent jamais être atteintes dans la réalité. Ce sont des états dont nous pouvons nous rapprocher indéfiniment, mais sans jamais les réaliser adéquatement.

Il n'en est pas autrement dans l'ordre de nos connaissances. Nous ne comprenons qu'à condition de penser par concepts. Mais la réalité sensible n'est pas faite pour entrer d'elle-même et spontanément dans le cadre de nos concepts.

Elle y résiste et, pour l'y plier, il nous faut la violenter en quelque mesure, la soumettre à toutes sortes d'opérations laborieuses qui l'altèrent afin de la rendre assimilable à l'esprit, et jamais nous ne parvenons à triompher complètement de ses résistances. Jamais nos concepts ne réussissent à maîtriser nos sensations et à les traduire tout entières en termes intelligibles. Elles ne prennent une forme conceptuelle qu'à condition de perdre ce qu'il y a en elles de plus concret, ce qui fait qu'elles parlent à notre être sensible et entraînent à l'action: elles deviennent alors quelque chose de mort et de figé. Nous ne pouvons donc comprendre les choses sans renoncer, en partie, à en sentir la vie, et nous ne pouvons la sentir sans renoncer à la comprendre. Sans doute, nous rêvons parfois d'une science qui exprimerait adéquatement tout le réel. Mais c'est là un idéal dont nous pouvons bien nous rapprocher sans terme, mais qu'il nous est impossible d'atteindre.

Cette contradiction interne est une des caractéristiques de notre nature. Suivant la formule de Pascal, l'homme est, à la fois, « ange et bête » sans être exclusivement ni l'un ni l'autre. Il en résulte que nous ne sommes jamais complètement d'accord avec nous-même, car nous ne pouvons suivre une de nos deux natures sans que l'autre en pâtisse. Nos joies ne peuvent jamais être pures; toujours il s'y mêle quelque douleur puisque nous ne saurions satisfaire simultanément les deux êtres qui sont en nous. C'est ce désaccord, cette perpétuelle division contre nous-même qui fait, à la fois, notre grandeur et notre misère: notre misère, puisque nous sommes ainsi condamnés à vivre dans la souffrance; notre grandeur aussi, car c'est par là que nous nous singularisons entre tous les êtres. L'animal va à son plaisir d'un mouvement unilatéral et exclusif: l'homme seul est obligé de faire normalement à la souffrance une place dans sa vie.

Ainsi, l'antithèse traditionnelle du corps et de l'âme n'est pas une vaine conception mythologique, sans fondement dans la réalité. Il est bien vrai que nous sommes doubles, que nous réalisons une antinomie. Mais alors une question se pose que la philosophie et même la psychologie positive ne peuvent éviter: d'où viennent cette dualité et cette antinomie? D'où vient, pour reprendre un autre mot de Pascal, que nous sommes ce « monstre de contradictions » qui ne peut jamais se satisfaire complètement soi-même? Si cet état singulier est

un des traits distinctifs de l’humanité, la science de l’homme doit chercher à en rendre compte.

II.

Les solutions qui ont été proposées de ce problème ne sont, pourtant, ni nombreuses ni variées.

Deux doctrines, qui ont tenu une grande place dans l’histoire de la pensée, croient lever la difficulté en la niant, c’est-à-dire en faisant de la dualité de l’homme une simple apparence; c’est le monisme tant empiriste qu’idéaliste.

D’après le premier, les concepts ne sont que des sensations plus ou moins élaborées: ils consisteraient tout entiers en groupes d’images similaires auxquelles un même mot donnerait une sorte d’individualité; mais ils n’auraient pas de réalité en dehors de ces images et des sensations dont celles-ci sont le prolongement. De même, l’activité morale ne serait qu’un autre aspect de l’activité intéressée: l’homme qui obéit au devoir ne ferait qu’obéir à son intérêt bien entendu. Dans ces conditions, le problème disparaît: l’homme est un et, si des tiraillements graves se produisent en lui, c’est qu’il n’agit pas et ne pense pas conformément à sa nature. Le concept, bien interprété, ne saurait s’opposer à la sensation de laquelle il tient l’existence, et l’acte moral ne saurait se trouver en conflit avec l’acte égoïste puisqu’il procède, au fond, de mobiles utilitaires, si, du moins, l’on ne se méprend pas sur la nature vraie de la moralité. Malheureusement, les faits qui posent la question subsistent tout entiers. Il reste que l’homme a été, de tout temps, un inquiet et un mécontent; il s’est toujours senti tiraillé, divisé contre lui-même, et les croyances et les pratiques auxquelles, dans toutes les sociétés, sous toutes les civilisations, il a attaché le plus de prix, avaient et ont encore pour objet, non de supprimer ces divisions inévitables, mais d’en atténuer les suites, de leur donner un sens et un but, de les rendre plus supportables, de l’en consoler tout au moins. Il est inadmissible que cet état de malaise universel et chronique ait été le produit d’une simple aberration, que l’homme ait été l’ouvrier de sa propre souffrance et qu’il s’y soit stupidement obstiné si vraiment sa nature le prédisposait à vivre harmoniquement; car l’expérience aurait dû, depuis le temps, dissiper une aussi déplorable erreur. A tout le moins,

faudrait-il expliquer d'où peut provenir cet inconcevable aveuglement. — On sait, d'ailleurs, quelles graves objections soulève l'hypothèse empiriste. Elle n'a jamais pu expliquer comment l'inférieur pouvait devenir le supérieur, comment la sensation individuelle, obscure, confuse, pouvait devenir le concept impersonnel, clair et distinct, comment l'intérêt pouvait se transformer en désintéressement.

Il n'en est pas autrement de l'idéaliste absolu. Pour lui, aussi, la réalité est une: elle est faite uniquement de concepts, de même que, pour l'empiriste, elle est exclusivement faite de sensations. A une intelligence absolue, qui verrait les choses telles qu'elles sont, le monde apparaîtrait comme un système de notions définies, liées les unes aux autres par des rapports également définis. Quant aux sensations, elles ne sont rien par elles-mêmes; elles ne sont que des concepts brouillés et confondus les uns dans les autres. L'aspect sous lequel elles se révèlent à nous dans l'expérience vient uniquement de ce que nous ne savons pas en distinguer les éléments. Dans ces conditions, il n'y aurait donc aucune opposition fondamentale ni entre le monde et nous, ni entre les différentes parties de nous-même. Celle que nous croyons apercevoir serait due à une simple erreur de perspective qu'il suffirait de redresser. Mais alors, on devrait constater qu'elle s'atténue progressivement à mesure que le domaine de la pensée conceptuelle s'étend, à mesure que nous apprenons à penser moins par sensation et davantage par concepts, c'est-à-dire à mesure que la science se développe et devient un facteur plus important de notre vie mentale. Malheureusement, il s'en faut que l'histoire confirme ces espérances optimistes. L'inquiétude humaine, au contraire, semble aller en croissant. Les religions qui insistent le plus sur les contradictions au milieu desquelles nous nous débattons, qui s'attachent le plus à nous peindre l'homme comme un être tourmenté et douloureux, ce sont les grandes religions des peuples modernes, tandis que les cultes grossiers des sociétés inférieures respirent et inspirent une joyeuse confiance.[1] Or ce qu'expriment les religions, c'est l'expérience vécue par l'humanité: il serait bien surprenant que notre nature s'unifie et s'harmonise si nous sentons que nos discordances sont croissantes. D'ailleurs, à supposer que

[1] V. *Formes élémentaires de la vie religieuse*, pp. 320-321, 580.

ces discordances ne soient que superficielles et apparentes, encore faudrait-il rendre compte de cette apparence. Si les sensations ne sont rien en dehors des concepts, encore faudrait-il dire d'où vient que ceux-ci ne nous apparaissent pas tels qu'ils sont, mais nous semblent brouillés et confondus. Qu'est-ce qui peut leur avoir imposé une indistinction manifestement contraire à leur nature? L'idéalisme se trouve ici en présence de difficultés inverses de celles que l'on a si souvent et si légitimement objectées à l'empirisme. Si l'on n'a jamais expliqué comment l'inférieur a pu devenir le supérieur, comment la sensation, tout en restant elle-même, a pu être élevée à la dignité de concept, il est également malaisé de comprendre comment le supérieur a pu devenir l'inférieur, comment le concept a pu s'altérer et dégénérer de lui-même, de manière à devenir la sensation. Cette chûte ne peut avoir été spontanée. Il faut qu'elle ait été déterminée par quelque principe contraire. Mais il n'y a pas de place pour un principe de ce genre dans une doctrine essentiellement moniste.

Si l'on écarte ces théories qui suppriment le problème plus qu'elles ne résolvent, les seules qui aient cours et méritent examen se bornent à affirmer le fait qu'il s'agit d'expliquer, mais sans en rendre compte.

Il y a, d'abord, l'explication ontologique dont Platon a donné la formule. L'homme serait double parce qu'en lui se rencontrent deux mondes: celui de la matière inintelligente et amorale, d'une part, celui des Idées, de l'Esprit, du Bien, de l'autre. Parce que ces deux mondes sont naturellement contraires, ils luttent en nous et, parce que nous tenons de l'un et de l'autre, nous sommes nécessairement en conflit avec nous-mêmes. Mais si cette réponse, toute métaphysique, a le mérite d'affirmer, sans chercher à l'affaiblir, le fait qu'il s'agit d'interpréter, elle se borne à hypostasier les deux aspects de la nature humaine sans en rendre compte. Dire que nous sommes doubles parce qu'il y a en nous deux forces contraires, c'est répéter le problème en des termes différents, ce n'est pas le résoudre. Encore faudrait-il nous dire d'où viennent ces deux forces et quel est le pourquoi de leur opposition. Sans doute, on peut bien admettre que le monde des Idées et du Bien ait en lui-même la raison de son existence, à cause de l'excellence qui lui est attribuée. Mais comment se fait-il qu'il y ait

hors de lui un principe de mal, d'obscurité, de non-être? Quelle peut en être la fonction utile?

Ce qu'on comprend moins encore, c'est comment ces deux mondes que tout oppose, qui, par conséquent, devraient se repousser et s'exclure, tendent cependant à s'unir et à se pénétrer de manière à donner naissance aux êtres mixtes et contradictoires que nous sommes. Leur antagonisme, semble-t-il, devrait les tenir en dehors l'un de l'autre et rendre leur mariage impossible. Pour emprunter le langage platonicien, l'Idée, qui est parfaite par définition, possède la plénitude de l'être; elle se suffit donc à elle-même; elle n'a besoin que d'elle-même pour exister. Pourquoi s'abaisserait-elle vers la matière dont le contact ne peut que la dénaturer et la faire déchoir d'elle-même? D'un autre côté, pourquoi la matière aspirerait-elle vers le principe contraire qu'elle nie et s'en laisserait-elle pénétrer? Enfin, c'est l'homme qui est, par excellence, le théâtre de la lutte que nous avons décrite; elle ne se retrouve pas chez les autres êtres. Pourtant, l'homme n'est pas le seul lieu où, d'après l'hypothèse, les deux mondes doivent se rencontrer.

Moins explicative encore est la théorie dont on se contente le plus couramment: on fonde le dualisme humain, non plus sur deux principes métaphysiques qui seraient à la base de la réalité tout entière, mais sur l'existence, en nous, de deux facultés antithétiques. Nous possédons à la fois une faculté de penser sous les espèces de l'individuel, c'est la sensibilité, et une faculté de penser sous les espèces de l'universel et de l'impersonnel, c'est la raison. De son côté, notre activité présente des caractères tout à fait opposés, suivant qu'elle est placée sous la dépendance de mobiles sensibles ou de mobiles rationnels. Kant a, plus que personne, insisté sur le contraste de la raison et de la sensibilité, de l'activité rationnelle et de l'activité sensible. Mais, si cette classification des faits est parfaitement légitime, elle n'apporte au problème qui nous occupe aucune solution. Étant donné que nous possédons à la fois une aptitude à vivre d'une vie personnelle et d'une vie impersonnelle, ce qu'il s'agit de savoir c'est, non pas quel nom il convient de donner à ces deux aptitudes contraires, mais comment elles coexistent dans un seul et même être, en dépit de leur opposition. D'où vient que nous pouvons concurremment participer de ces deux existences? Comment

sommes-nous fait de deux moitiés qui paraissent appartenir à deux êtres différents? Quand on a donné un nom différent à l'une et à l'autre, on n'a pas fait avancer la question d'un pas.

Si l'on s'est trop souvent satisfait de cette réponse toute verbale, c'est que, très généralement, on considère la nature mentale de l'homme comme une sorte de donnée ultime dont il n'y a pas à rendre compte. On croit donc que tout est dit quand on a rattaché tel ou tel fait, dont on cherche les causes, à une faculté humaine. Mais pourquoi l'esprit humain, qui n'est en somme qu'un système de phénomènes de tous points comparables aux autres phénomènes observables, serait-il en dehors et au-dessus de l'explication? Nous savons aujourd'hui que notre organisme est le produit d'une genèse; pourquoi en serait-il autrement de notre constitution psychique? Et s'il y a en nous quelque chose qui appelle l'explication d'une manière urgente, c'est justement l'étrange antithèse qu'il se trouve réaliser.

III.

Au reste, ce que nous avons dit chemin faisant de la forme religieuse sous laquelle s'est toujours exprimé le dualisme humain suffit à faire entrevoir que la réponse à la question posée doit être cherchée dans une direction toute différente. Partout, disions-nous, l'âme a été considérée comme une chose sacrée; on y voit une parcelle de la divinité qui ne vit que pendant un temps d'une vie terrestre et qui tend, comme d'elle-même, à revenir vers son lieu d'origine. Par là, elle s'oppose au corps qui est regardé comme profane; et tout ce qui tient directement au corps dans notre vie mentale, les sensations, les appétits sensibles, participe du même caractère. Aussi, les qualifie-t-on de formes inférieures de notre activité, tandis qu'à la raison et à l'activité morale on attribue une plus haute dignité: ce sont les facultés par lesquelles, nous dit-on, nous communiquons avec dieu. Même l'homme le plus affranchi de toute croyance confessionnelle se représente cette opposition sous une forme, sinon identique, du moins comparable. On prête à nos différentes fonctions psychiques une valeur inégale: elles sont hiérarchisées entre elles, et ce sont celles qui tiennent le plus au corps qui sont au bas de la hiérarchie.

D'ailleurs, nous avons montré[1] qu'il n'y a pas de morale qui ne soit imprégnée de religiosité; même pour l'esprit laïque, le Devoir, l'impératif moral est une chose auguste et sacrée, et la raison, cet auxiliaire indispensable de l'activité morale, inspire naturellement des sentiments analogues. A elle aussi, nous attribuons une sorte d'excellence et de valeur incomparable. La dualité de notre nature n'est donc qu'un cas particulier de cette division des choses en sacrées et en profanes qu'on trouve à la base de toutes les religions, et elle doit s'expliquer d'après les mêmes principes.

Or c'est précisément cette explication que nous avons tentée dans l'ouvrage précité sur: *Les formes élémentaires de la vie religieuse.* Nous nous sommes attaché à montrer que les choses sacrées sont simplement des idéaux collectifs qui se sont fixés sur des objets matériels.[2] Les idées et les sentiments élaborés par une collectivité quelle qu'elle soit, sont investis, en raison de leur origine, d'un ascendant, d'une autorité qui font que les sujets particuliers qui les pensent et qui y croient se les représentent sous la forme de forces morales qui les dominent et qui les soutiennent. Quand ces idéaux meuvent notre volonté, nous nous sentons conduits, dirigés, entraînés par des énergies singulières, qui, manifestement, ne viennent pas de nous, mais s'imposent à nous, pour lesquelles nous avons des sentiments de respect, de crainte révérentielle, mais aussi de reconnaissance à cause du réconfort que nous en recevons; car elles ne peuvent se communiquer à nous sans relever notre ton vital. Et ces vertus *sui generis* ne sont dues à aucune action mystérieuse; ce sont simplement des effets de cette opération psychique, scientifiquement analysable, mais singulièrement créatrice et féconde, qu'on appelle la fusion, la communion d'une pluralité de consciences individuelles en une conscience commune. Mais d'un autre côté, des représentations collectives ne peuvent se constituer qu'en s'incarnant dans des objets matériels, choses, êtres de toutes sortes, figures, mouvements, sons, mots, etc., qui les figurent

[1] V. *Détermination du fait moral* dans le « Bulletin de la Société française de philosophie », 1906, p. 125.

[2] V. *Formes élémentaires*, etc., p. 268-342. Nous ne pouvons ici reproduire les faits et les analyses sur lesquels s'appuie notre thèse: nous nous bornons à rappeler sommairement les étapes principales de l'argumentation développée dans notre livre.

extérieurement et les symbolisent; car c'est seulement en exprimant leurs sentiments, en les traduisant par un signe, en les symbolisant extérieurement que les consciences individuelles, naturellement closes les unes aux autres, peuvent sentir qu'elles communient et sont à l'unisson.[1] Les choses qui jouent ce rôle participent nécessairement des mêmes sentiments que les états mentaux qu'elles représentent et matérialisent pour ainsi dire. Elles aussi sont respectées, redoutées, ou recherchées comme des puissances secourables. Elles ne sont donc pas placées sur le même plan que les choses vulgaires qui n'intéressent que notre individualité physique; elles sont mises à part de ces dernières; nous leurs assignons une place tout à fait distincte dans l'ensemble du réel; nous les séparons: c'est en cette séparation radicale que consiste essentiellement le caractère sacré.[2] Et ce système de conceptions n'est pas purement imaginaire et hallucinatoire; car les forces morales que ces choses réveillent en nous sont bien réelles, comme sont réelles les idées que les mots nous rappellent après avoir servi à les former. De là vient l'influence dynamogénique que les religions ont, de tout temps, exercée sur les hommes.

Mais ces idéaux, produit de la vie en groupe, ne peuvent se constituer, ni surtout subsister, sans pénétrer dans les consciences individuelles et sans s'y organiser d'une manière durable. Ces grandes conceptions religieuses, morales, intellectuelles que les sociétés tirent de leur sein pendant leurs périodes d'effervescence créatrice, les individus les emportent en eux une fois que le groupe s'est dissous, que la communion sociale a fait son œuvre. Sans doute, une fois que l'effervescence est tombée, et que chacun, reprenant son existence privée, s'éloigne de la source d'où lui est venue cette chaleur et cette vie, celle-ci ne se maintient pas au même degré d'intensité. Elle ne s'éteint pas pourtant, parce que l'action du groupe ne s'arrête pas complètement, mais vient perpetuellement rendre à ces grands idéaux un peu de la force que tendent à leur soutirer les passions égoïstes et les préoccupations personnelles de chaque jour: c'est à quoi servent les fêtes publiques, les cérémonies, les rites de toute sorte. Seulement, en venant ainsi se mêler à notre vie individuelle, ces divers

[1] *Les formes élémentaires*, etc., p. 329 et suiv.
[2] *Ibid.*, p. 53 et suiv.

idéaux s'individualisent eux-mêmes; étroitement en rapports avec nos autres représentations, ils s'harmonisent avec elles avec notre tempérament, notre caractère, nos habitudes, etc. Chacun de nous met sur eux son empreinte propre; c'est ainsi que chacun a sa façon personnelle de penser les croyances de son Église, les règles de la morale commune, les notions fondamentales qui servent de cadres à la pensée conceptuelle. Mais, tout en se particularisant et en devenant ainsi des éléments de notre personnalité, les idéaux collectifs ne laissent pas de conserver leur propriété caractéristique, à savoir ce prestige dont ils sont revêtus. Tout en étant nôtres, ils parlent en nous sur tout autre ton et avec un autre accent que le reste de nos états de conscience: ils nous commandent, ils nous imposent le respect, nous ne nous sentons pas de plain pied avec eux. Nous nous rendons compte qu'ils représentent en nous quelque chose de supérieur à nous. Ce n'est donc pas sans raisons que l'homme se sent double: il est réellement double. Il y a réellement en lui deux groupes d'états de conscience qui contrastent entre eux par leurs origines, leur nature, les fins auxquelles ils tendent. Les uns n'expriment que notre organisme et les objets avec lesquels il est le plus directement en rapports. Strictement individuels, ils ne nous attachent qu'à nous-même et nous ne pouvons pas plus les détacher de nous que nous ne pouvons nous détacher de notre corps. Les autres, au contraire, nous viennent de la société; ils la traduisent en nous et nous attachent à quelque chose qui nous dépasse. Étant collectifs, ils sont impersonnels; ils nous tournent vers des fins qui nous sont communes avec les autres hommes; c'est par eux et par eux seuls que nous pouvons communier avec autrui. Il est donc bien vrai que nous sommes formé de deux parties et comme de deux êtres qui, tout en étant associés, sont faits d'éléments très différents et nous orientent en des sens opposés.

Cette dualité correspond, en somme, à la double existence que nous menons concurremment: l'une purement individuelle, qui a ses racines dans notre organisme, l'autre sociale qui n'est que le prolongement de la société. La nature même des éléments entre lesquels existe l'antagonisme que nous avons décrit témoigne que telle en est l'origine. En effet, c'est entre les sensations et les appétits sensibles, d'une part, la vie intellectuelle et morale, de l'autre, qu'ont lieu les conflits dont

nous avons donné des exemples. Or, il est évident que passions et tendances égoïstes dérivent de notre constitution individuelle, tandis que notre activité raisonnable, tant théorique que pratique, dépend étroitement de causes sociales. Nous avons eu bien souvent l'occasion d'établir que les règles de la morale sont des normes élaborées par la société;[1] le caractère obligatoire dont elles sont marquées n'est autre chose que l'autorité même de la société se communiquant à tous ce qui vient d'elle. D'un autre côté, dans le livre qui est l'occasion de la présente étude et auquel nous ne pouvons que renvoyer, nous nous sommes efforcé de faire voir que les concepts, matière de toute pensée logique, étaient, à leur origine, des représentations collectives: l'impersonnalité qui les caractérise est la preuve qu'ils sont le produit d'une action anonyme et impersonnelle elle-même.[2] Nous avons même trouvé des raisons de conjecturer que ces concepts fondamentaux et éminents qu'on appelle les catégories, ont été formés sur le modèle de choses sociales.[3]

Le caractère douloureux de ce dualisme s'explique dans cette hypothèse. Sans doute, si la société n'était que le développement naturel et spontané de l'individu, ces deux parties de nous-même s'harmoniseraient et s'ajusteraient l'une à l'autre sans heurt et sans frottement: la première, n'étant que le prolongement et comme l'achèvement de la seconde, ne rencontrerait dans celle-ci aucune résistance. Mais, en fait, la société a une nature propre et, par suite, des exigences toutes différentes de celles qui sont impliquées dans notre nature d'individu. Les intérêts du tout ne sont pas nécessairement ceux de la partie; c'est pourquoi la société ne peut se former ni se maintenir sans réclamer de nous de perpétuels sacrifices qui nous coûtent. Par cela seul qu'elle nous dépasse, elle nous oblige à nous dépasser nous-mêmes; et se dépasser soi-même, c'est, pour un être, sortir en quelque mesure de sa nature, ce qui ne va pas sans une tension plus ou moins pénible. L'attention volontaire est, comme on le sait, une faculté qui ne s'éveille en nous que sous l'action de la société. Or l'atten-

[1] V. *Division du travail social*, 3e éd., *passim* et notamment p. 391 et suiv. Cf. *La détermination du fait moral* dans le « Bulletin de la Société française de philosophie », 1906.

[2] *Formes élémentaires*, etc., p. 616 et suiv.

[3] *Ibid.*, p. 12-28, p. 205 et suiv., p. 336 et suiv., p. 386, 508, 627.

tion suppose l'effort; pour être attentifs, il nous faut suspendre le cours spontané de nos représentations, empêcher la conscience de se laisser aller au mouvement de dispersion qui l'entraîne naturellement, en un mot, faire violence à certains de nos penchants les plus impérieux. Et comme la part de l'être social dans l'être complet que nous sommes devient toujours plus considérable à mesure qu'on avance dans l'histoire, il est contraire à toutes les vraisemblances qu'une ère doive jamais s'ouvrir où l'homme sera moins dispensé de se résister à soi-même et pourra vivre une vie moins tendue et plus aisée. Tout fait prévoir, au contraire, que la place de l'effort ira toujours en croissant avec la civilisation.

Paris, Université.

ÉMILE DURKHEIM

BABYLONIAN MAGIC

Babylonian religion offers peculiar advantages to students of magic. Of all the peoples of antiquity, that composite culture known as Sumero-Babylonian was certainly foremost in this practice. The advantage consists not so much in the rich material which their religious texts contain, nor in the length of the period in which we can follow the evolution of magic, but rather in the clear terms which they employed for the various subtle conceptions connected with magic.

In prehistoric times, perhaps about 6000 BC. the Sumerians, a people of agglutinating speech, dark skinned and wavy haired, migrated from central Asia to the plains of the lower Tigris and Euphrates. So far as we know these were the first inhabitants of that region famous in legend as the home of the first men. When the Semitic or Babylonian people invaded this region from the west, possibly as early as 4000 BC., Sumerian religion had already become thoroughly polytheistic, anthropomorphic and theologically systematised. The Semitic peoples seem to have been completely converted to this non-Semitic religion. In fact Babylonian religion has scarcely any thing *characteristically* Semitic in it.

Now the advantage which the Assyriologist has over most workers in historical origins lies in the fact, that for all the subtle terms employed in religion he has two languages as witnesses to the ideas which primitive man desired to express. Thus if we find the Babylonians employing the word *kaššapu* for a wizard, we have an advantage over the Hebrew scholar who

knows that *mĕkáššef* means a wizard but has no certain means of determining what the root means. For here, as often, comparative Semitic philology offers no clear evidence as to whether a wizard is one that cuts himself, as Robertson Smith and most scholars have supposed, or whether he is one who casts his spell by whispering, or ventriloquy. But in the Cuneiform texts these words are written not only in Semitic but in Sumerian, and often with ideograms or pictographs. Here under favourable conditions we have three ways of getting at the root of the matter. We have Semitic, Sumerian and a pictograph. In the example cited above the Sumerian ideogram and the Sumerian word *uḫdugga* mean one who « whispers as he casts saliva », so that we can settle at once the most primitive method of sorcery known to us.

The earliest written records of about 4000 BC. yield little or no information concerning religion, but they do show that we cannot expect to get at the mind of a primitive people here. They are already far advanced in culture and we possess no adequate sources for studying their religion before 3000 BC. From that time until the age of Alexander the Great and even later the history of magic can be quite carefully traced.

If I clearly understand the words *animism* and *mana* as they are used by anthropologists there is no trace whatsoever of these primitive ideas in Sumero-Babylonian religion. Under normal conditions each individual is guarded by a divine spirit or god. He is called the « man's god », and man is defined in a religious sense as « son of his god ».

There are no examples of females to whom this definition is applied. This can hardly be attributed to accident, for our sources mention hundreds even thousands of men who were bewitched and whose gods abandoned them, but never a woman. I fail to understand this aspect of their religion. According to their civil laws women held an extremely high position in society, they were often priestesses and consecrated to religious orders. But although women are constantly mentioned as having power to bring about the condition of *tabu*, yet they are never mentioned as fallen to the powers of devils or witches, or as being under the protection of a personal god. It might be added that they never appear in the private penitential psalms. Unless some sound reason can be brought

forward for this almost total exclusion of women from the scope of religion and the interest of the gods I shall assume, when the texts refer to sinners, sufferers and penitents by the title « son of his god », that the definition might apply to women also. The Babylonians then supposed that in their bodies dwell divine spirits, and that these are in league with the great gods of heaven and earth keeping man in favour with these. We infer that no individual, unless he were a king, supposed that one of the great gods condescended to act as his personal deity.

In the most ancient period the conception of *tabu* appears to have been extremely concrete. Opposed to the host of gods occupying finely differentiated positions in a vast pantheon are the evil spirits, clearly personified concepts, remnants of ancient animal worship or evil souls of the dead. I do not believe that Sumerians and Babylonians, say before about 2000 BC., ever conceived of abstract mystic power, either good or evil, residing in persons or things to isolate them from the surrounding world. A man possessed by the powers of evil was estranged from his personal god, because some demon had attacked and driven the protecting deity from the body of that man. In this ancient period there seems to be no moral element in the case whatsoever. If a man became *tabu,* possessed by some dangerous unclean power which made him unholy, filled him with bodily pain or mental distress, this came about solely because at some unguarded moment a demon seized upon his body, overpowered the indwelling god and drove him out. From the very dawn of history to the last century before our era this extreme doctrine of demonology held the foremost place in Babylonia and, as we all know, spread in the late period to West Semitic peoples and throughout the Greek world.

After the first dynasty more ethical and abstract conceptions began to appear. The second development in the history of Babylonian magic appears to have been witchcraft or the power of banning an individual by ventriloquy, mystic movements and sympathetic operations. We have no material which enables us to discover how the Babylonians supposed that human beings shared the functions of the ancient demons. When witchcraft appears we have still the same con- concerning the man. The wizards attack the pro-

tecting gods also. But the method has become not a physical struggle between an unseen demon and an unseen deity for the possession of the soul and body of man, but a struggle between a human wizard and the protecting deity. And the struggle now is no longer a direct contest of the spirits but an attempt to control the indwelling deity by the black art.

The method which appears to have been most ancient is that of whispering and casting saliva. The numerous methods of sympathetic magic, such as making images of the man whom the wizards wished to bind by the evil powers and cursing it, insulting it etc., seizing earth whereon he had walked and cursing it, appear to be somewhat late in the evolution of magic. Of course this second stage involves a much more abstract conception of *tabu* than direct possession by a personal demon. If a man could be bound by the evil powers by means of mysterious mumblings and strange signs this implies that the wizards by spoken words controlled some awful power. Now the Sumerian word for this power which becomes kinetic energy at the bidding of those persons, who are able to control it, is *namerimma* whose general meaning is best rendered into English by « curse », « an invocation of destruction ». In our texts this word first appears about 2400 BC. in the sense of « oath », that is, an invocation in the name of the gods involving a curse upon those who break their word.

The Babylonians naturally evolved this idea of controlling both gods and demons, or in more abstract terms both divine power and demoniacal power, by words and sacred formulae from the oath. The concept worked both ways. On the one hand the consecrated priests became confirmed in the idea that certain formulae placed the powers of the mighty gods at their disposal. On the other hand the wizard noted that in breaking an oath man estranged himself from the gods. His own protecting deity abandoned him in disgust. He became *tabu,* the prey of demons, disease and remorse. A moral element of sin in breaking an oath is not at first prominent. The ancient made rather this far reaching conclusion; « the words of the oath control the demoniacal powers ». The wizard then assumes that he too can control the demons by words. At any rate the art of negative or evil magic certainly arose in the idea that man can exercise *tabu* by whispering and uttering in a strange manner certain words. Hence they named this

power *namerim* or curse and the Semites translated it by *mamit* a word derived from the common Semitic root *wamā, imā,* to swear, a word which in Arabic generally means « make signs ». But the Arabic usage is probably not primitive; they employed the word, I dare say, at first in the sense of « to enchant by a curse », then to « enchant », and, when the methods of sorcery by signs came into use, the verb took on the meaning to « make signs ».

Now all this is perhaps a bit technical and the reader may already have the impression that the philologists are so attached to their roots and derivations that they find it impossible to make themselves either intelligible or interesting. But this conception of *mamit* is fundamental in the exposition of this great religion and I venture to say that one will not find anywhere so clear an example of how the human mind reached abstract ideas of magic and sacraments. Both priests and wizards employ *mamit* or the curse as their most effective possession. When it represents the curse of the priests against the demons, *mamit* is often regarded as a goddess precisely as the ancients personified justice, righteousness, music and so on. When it represents the curse of the wizards the word appears to convey an abstract demoniacal power, perhaps almost identical with *tabu.*

In fact the wide range of ideas which this concept entrained led to a third stage of magic. In the later period a man may fall into the power of *mamit* by the slightest inadvertency, by touching an unclean cup, coming into contact with persons who are *mamit,* by being cruel to father, mother, sister or brother, by cheating with the weighing weights, by any possible immoral conduct. The possibility of bringing down upon one the curse of *mamit* through sin is late in Babylonian religion. I doubt very much whether this idea is earlier than the Cassite period. You will see that the conception has become extremely abstract here. The « curse » is here quite separated from the original idea of controlling the demoniacal powers by words, although the old word *mamit* or « invocation » persists. In this stage the ethical element predominates. Sin causes the gods to abandon man and hence he becomes straightway a prey to *mamit.* To the Babylonian mind it is impossible for persons or things to exist without being either under divine or demoniacal

possession. The conception arose that the protecting gods refuse to dwell in the body of any dishonest person, a criminal or wicked man. The penitential prayers reflect this idea with monotonous regularity.

This represents the climax in the evolution of magic and religion where even the idea of *mamit* has become vague and vanished into a general consciousness of unholiness. Even a general conception of demoniacal power appears to have vanished in the highest flights of the Babylonian hymnologists. But it must not be supposed that the four stages of magic which have been described are chronologically successive. I do not mean to say that a period of demonology was followed by a second period of witchcraft which used *mamit,* when demonology was no longer practised. Possession by the demons persisted right down to the end. The same archives of Asurbanipal which furnish us with hymns, in which magic has all but disappeared, furnish us also with numerous rituals against the demons; these were quite as active 300 BC. as in the very earliest stages of religion. What I mean to say is that we can detect at least four stages in the evolution of magic, namely demonology, witchcraft by means of *mamit,* moral causes for *mamit* connected with an abstract conception of *tabu,* and a final stage characterized by a deep consciousness of sin. In the late period demonology and witchcraft are very prominent and persisted side by side with the more ethical conceptions.

Now before entering upon more concrete illustrations of these aspects of magic I should like to raise the question as to whether magic had really any connection with religion in the earliest period. My own mental training hardly fits me for expressing any opinion upon this difficult question which depends considerably upon the definition of religion. If we include by this term every relation in which man stands to the gods, then magic or demonology formed from the beginning an integral part of religion. Evidently the object of the first priest magicians would be to discover some means by which the devils could be driven from the body of a man and the man's protecting god induced to return to his body. As long as the Sumero-Babylonian religion regarded evil as the result of wilful attacks of demons they could have no magical processes to produce demoniacal possession. Evil ma-

gic, or witchcraft is surely much later, perhaps millenniums later than white magic or the priestly rites which control the beneficent gods. Witchcraft as well as the general idea of *tabu* appears to have arisen out of a religious idea, namely the control of divine power by given formulae. Primitive and positive magic necessarily arose in the attempt to restore man's relation to his gods.

But Babylonian religion offers at this point a problem of greatest difficulty. From the historic period the priests of magic who were consecrated in the mysteries of incantation, who were summoned on all occasions to oppose the demons and *mamit,* appear to have been excluded from the temples and certainly had no part in conducting public worship. Sumero-Babylonian temple worship consists in the singing of long litanies characterized by mournful refrains, intricate musical melodies, ending with a sorrowful recessional to the mournful sound of the flute. No magical ceremonies, no sacrifices of any kind accompany these long services. Magic, therefore, has no place in the origin of Sumerian religion in so far as religion is a social and communal aspect of human society. This line of cleavage between the open and the private cult is unmistakable and characteristic of this religion.

The foregoing outline of the progress of Babylonian ideas concerning evil powers and their methods of operation necessarily omits the positive and equally important side of magic which enables man to combat the demons and the curse of evil. The most ancient form of Sumerian magic must have been that employed to combat the demons. No black art was needed to produce *tabu,* for these personified powers of evil were constantly watching for an opportunity to take possession of soul and body. We have, therefore, not yet reached the oldest sources of magic.

In such a system primitive man, at least the earliest historic man, resorted to magic in order to control the powers of the gods and use them against the demons. Now all of the great gods with the exception of the heaven god originated in natural elements. Although at the very dawn of history these gods have attained complete personality, yet a mystic relation was held to exist between the deity and the natural element from which he sprang. Thus the grain possessed mystic relation with the grain goddess. When corn or barley

was burned on the altars, it was the body of Nidaba or Ashnan the grain goddesses which ascended in the fumes to appeal to the great gods on behalf of humanity. A line of wheat or barley meal spilled across the doorway protected the home from the demons, for the grain goddess guarded the portals of that house.

Water was most commonly used to invoke divine intervention, for over this element presided Ea the god of wisdom, prince of all magicians. Herbs, salt, stones and metals all have power over the demons, but water and grain obviously formed the principal equipment of primitive magic. I doubt whether any order of priests had special control over magic of this sort in prehistoric times. In fact this order comes into prominence at a comparatively late period. Perhaps not before 3000 BC. can we speak of consecrated priests who acquired the prerogatives of magic.

The following extracts will illustrate the conceptions held in the most ancient period. The earliest known incantation has been found on a little clay tablet and directs the use of salt. No special deity is known to have been worshipped as a salt deity but the ancients regarded this element as peculiarly efficacious. Now we meet here an inconsistency in thinking which I fail to understand. Any of the elements in their natural undefiled state appear to have power to prevent the demons. These could not attack man if he were defended by pure water or grain or certain plants.

On the other hand these same elements were supposed to attract demons which had fallen upon men and possessed them. Men possessed by the devils were rubbed with meal, sprinkled with water, touched with salt and so forth while the priest of incantation or the patient himself murmured a prayer to some god. During the recitation of the incantation the devils were supposed to be attracted to the elements applied which were then washed into a receptacle and carried far away into an unfrequented place. Thus these elements not only assist in overcoming the demons but actually receive them also and become *tabu* themselves. After such a ceremony they are regarded as most dangerous and capable of transmitting the demoniacal power to the unwary passer-by. I only wish to call attention to the curious inconsistency here and more will be said of this method of atonement fur-

ther on. To return to our ancient tablet; the following is the translation:

> « Oh black bull of the deep, thou lion of the dark house . . . . . . thou of the city Marada, by the Sun God who fills the world, by Innini who . . . . . as for me who sit with hands upon my heart may this sacred formula, this incantation of the 'house of light' with salt unbind. This is an incantation said while salt is placed at the hand ».

Here the patient appeals to the god Marduk, the son of the Water God, to free him from the power of some demon. During the recitation of this formula salt is placed in his hands. The really efficacious factor in this primitive magic seems to be the water, grain, salt, etc., but sooner or later the invocation or prayer must have been regarded as having a certain influence also. In fact the finest prayers in Babylonian literature are those said by men who sought deliverance from demoniacal possession. For example, here are selections from an incantation in one hundred and five lines to the mother goddess Ishtar, and I dare say that unless you were told that this is an incantation you would suppose we had before us a psalm or hymn of the highest spiritual order:

> « I pray to thee, oh queen of queens, goddess of goddesses,
> Oh Ishtar queen of all habitations, thou guide of humanity ».
> « Where art thou not exalted? Where art thou not famous? »
> « Thou lookest with mercy on the despised, and thou settest right the down trodden every morning ».
> « How long wilt thou tarry, oh lady whose feet weary not, whose knees hasten? »
> « I, thy servant cry unto thee, wearied, distressed, full of sorrow,
> Look upon me, oh my lady, accept my prayer ».
> « How long shall my house be troubled, which laments bitterly? »
> « My persecutor and enemy wait for me ».
> « Direct my footsteps that haply and proudly among the living I may pursue my way.
> Say the word that at thy command the angry god may have mercy ».

This prayer is accompanied by the following ritual, for the priest:

> « Thou shalt kneel at the foot. The roof thou shalt sweep, and sprinkle clean water. Four bricks on a sack-cloth thou shalt place. A lamb thou shalt take; with *almond-willow* shalt thou fill the censer and put fire thereto; incense, fine meal and cypress thou shalt

pour thereon. A libation thou shalt offer but not bow down. The following recitation before Ishtar thrice thou shalt repeat *KI ZA-ZA-ma*.[1] Behind thee thou shalt not look ».

This ritual of atonement is separated by at least 2000 years from the salt ritual just described and will illustrate not only the progress of religious conceptions but their conservatism. In the ritual of the late period the sinner or patient is afflicted by ordinary human sorrow, a tormented conscience and bodily pain. This condition is hardly regarded as *tabu* but is brought about because sin had caused his protecting god to abandon his body. But if the Babylonians rid themselves of the idea of *tabu* produced by any of the methods previously defined why should they seek atonement by means of such crude magic? The magician does not, it is true, apply any elements to the banned person inducing the demon or the curse to pass into the atoning material but the patient is directed not to look backward after the final formula is pronounced. The ritual directions are so abbreviated that we have no means of knowing whether the lamb is used as a *scapegoat* and sent away into the wilderness or whether it is slain and its parts placed to the corresponding parts of the man, or whether it is a simple sacrifice to Ishtar.

I venture to assume on the basis of other rituals which are more explicit, that even in these spiritual services the Babylonians never escaped from a lingering consciousness of demonology and *mamit*. In the late period the prayers occupy the important position; one of the most striking features of Babylonian religion is this persistent combination of lofty moral and spiritual conceptions with magic which remained as crude in the Persian period as at the dawn of history. But we need not look far to find parallels. The Hebrew psalms which surely rank among the best spiritual productions of humanity are known to have been sung at services characterized by grossest magical rituals. Perhaps few will deny that this combination of great spiritual expression with magic passed into Christianity and still constitutes both its strength and its weakness.

It is characteristic of Babylonian magic to preface the real ritual by long theological disputations concerning the de-

[1] The name of some unknown incantation.

mons who have bound a man, the god who is summoned to ban them and the principal element employed in the process. Thus one of the rituals prescribes that a branch of the sacred tree called *kiškanū* should be placed on the head of a bewitched person; originally a simple piece of contagious magic, the ritual is dressed up by the theologians so that it appears at first sight to be a fragment of a mythological epic:

> In Eridu grew up the dark *kiškanū* tree, there in a holy place.
> In appearance it is like lazuli and it reaches to the nether sea.
> So by the deeds of the Water God, Eridu was filled with glory.
> Its house is upon earth,
> And its sleeping chamber is the couch of the river goddess.
> Into that pure abode whose darkness is like the forest no man hath entered.
> But therein are the Sun-God and Tammuz,
> At the junction of the two rivers.
> The three gods, « The rich mouthed », " The youthful eyed " and... have touched this *kiškanū* tree and uttered the curse of the sea.
> At the head of the sufferer they have placed it.

So also in the well known ritual against tooth ache, which the ancients supposed to be caused by a worm, the incantation relates in majestic terms how Anu created heaven, and heaven created earth, earth created rivers, rivers created canals, canals created marshes and the marshes created this worm. And the worm wept before the gods asking for food and they gave him the teeth of man.

This curious method of dignifying the powers of evil and of good with a legendary history has its *raison d'être* in a semi-metaphysical system which dominates all Babylonian thinking. For them the reality of things consists in its name not in its outward form. I do not raise the question of their conception of reality, but wish to point out that the Babylonian appears to have regarded the names of things as of divine origin. Doubtlessly there existed among them the legend of how Ea ascended from the sea and revealed to man the names of things. This assumption may be true or it may not be true, but in any case all names and consequently all things have a legendary history. To secure full benefit of their power exact definition seemed to be necessary. To use words, especially the names of gods, demons and sacred things without knowing their meaning and their history was mere vocal

exercise. In the use of these terms knowledge was power. Only by knowing the real name and character of a demon could the magician hope to place him fully in the power of those divine forces whose names he wielded with equal skill.

In the ancient period of Babylonian magic the priests employed methods which belonged exclusively to positive or beneficent magic. When witchcraft arose, the workers of this nefarious art learned, as we have seen, to ban men by use of words, mystic acts, the evil eye, pointing of fingers, sympathetic magic etc. At first the priests probably combated this new idea of *mamit* or the curse by the same methods as those adopted against the demons. I mean to say that the idea of producing a ban by words, or by sympathetic magic had at first an evil significance. It was an art which supplemented the older demonology.

But the priests saw at once that, if *mamit* could be used by sorcerers, the curse in the name of the gods would equally well invoke divine power. And they proceeded to adopt other methods of witchcraft especially sympathetic magic. If the witches bound the clay image of a man with knotted cords and thus placed the man under *mamit* then it followed that a clay image of the witch bound with knotted cords would likewise restrain her power. It will be noted here in passing that as soon as a witch is banned her power to produce *mamit* is restrained and the *tabu* is also removed. I interrupt the argument with this remark to show how the priests regarded the sorcerers as real successors of the devils.

In the evolution of Babylonian religion these methods adopted from the black art formed an increasingly important part of the ritual of atonement. The idea of controlling divine power by invocation is perhaps the most important principle of positive magic in the later epoch. *Tabu* of every description is cast out by the formula, « By heaven thou art cursed, by earth thou art cursed ». Take for example a short incantation against the disease called *aŝakku* probably some kind of a fever:

« Oh disease bringing *aŝakku*, mighty *aŝakku*,
aŝakku which abandons not man,
aŝakku which goes not away,
aŝakku which comes not forth, wicked *aŝakku*,
By heaven thou art cursed, by earth thou art cursed ».

This formula when uttered by the consecrated priests was supposed to put into action against the *tabu* the divine *mamit* or curse. Magic, therefore, was really reduced to a contest between the sorcerer's curse and the priest's curse. In fact we find *mamit* used regularly in both senses in the late rituals.

The Cuneiform texts contain, however, great numbers of incantations in which no reference is made to the ordinary crude methods of magic. Our present material certainly confirms the view that the Babylonians gradually put aside the grosser aspects of atonement, and emphasized those methods which depend upon will and faith. These incantations seem gross enough to us even in this form, but we must not over-look the importance of this religious movement which came about only after 3000 years of religious experience. There is, in the best examples of *mamit,* an evident advance in religious belief; a tendency to control evil by the will to believe. And this tendency is best discovered in the beautiful prayers which were employed as incantations. These two signs of advance in religious thinking, the use of oath and prayer are not to be separated. The idea of prayer is of course a still higher form of magic than the oath. But in Babylonia prayer is clearly a direct result of the older idea of controlling the gods by sacred formulae. Such magic implies faith and a will to believe; although the idea of persuasion is still lacking here, yet we can readily see how from imperious command, the mind of man passed to the idea of persuasion as soon as he attained a loftier conception of his gods. I cannot see how it is at all derogatory to man, if we find that after all his highest form of religious expression is the result of a long evolution of magic. At any rate Babylonian religion furnishes clear evidence in this matter. The consecrated priest says over the body of a man supposed to be in the power of evil, « By the Sun-God thou art cursed ». In another form of ritual this same man repeats a prayer:

« Oh Sun-God, judge of heaven and earth, lord of what is above and beneath.
Thou that deliverest the bound, givest health to the dying.
Who dispellest the darkness, and bringest light.
I so and so, son of so and so, thy servant, turn to thee, seek thee.
Lighten my darkness, heal my sorrows.

Straighten out my difficulties; in the midst of evil signs and omens,
The ruses and all witchcraft of man
Which harrass my soul deliver me.
Dissolve my ban and grant me life».

The fundamental object of both ban and prayer is control of divine power for purely magical purposes. The prayer cited here does not represent the best spiritual productions of the Babylonians, but it will serve to illustrate the evolution from curse to prayer. Of course the gradual change from material to mental and spiritual magic went *parī passū* with the higher conceptions of *tabu* which I have attempted to analyse. The conception that *tabu* is caused by sin must have had great influence in bringing about the change from *mamit* to prayer.

Although we might select prayers which seem to transcend all the trammels of magic, yet most of these have the library or literary mark « incantation ». It must be admitted that the Babylonians never ceased to regard the curse of the priest as the significant act of deliverance from *tabu.* For it is precisely in the days of their best culture that the elevation of *mamit* to the rank of a goddess was carried out, and curiously enough in both an evil and a good sense. An incantation to prevent the evil powers at the dark of the moon says that the female demons were created when heaven and earth were created, and at that time, the *mamit,* the curse was created. « Thou art Mamit (who bannest) without cup or bowl », says the same incantation. Thus the theologians supposed that the witches by their mumblings controlled a female demon of the curse, whose power they directed against man. But more often the goddess of the curse is a personification of the magic power exercised by the words of the priests. We have one text in which this personification is particularly evident:

« Oh Mamit, Mamit, design which cannot be transgressed.
Design of the gods which none can overstep.
Design of heaven and earth which none can change.
Which no god can annul.
Which god or man cannot undo.
Trap which cannot be passed by, which for the wicked is set.
Net from which none escape, which is laid for the wicked ».

In the preceding pages the object has been to give an abstract analysis of the principles and categories of Sumero-

Babylonian magic. And this subject is so vast that even a rapid outline of this kind occupies the greater portion of the time allowed for an essay. But the value of specific cases in magic depends much upon our ability to see them in their true setting. Possibly after what has been said a few typical examples of both negative and positive magic chosen exclusively from the late period, will be better understood.

An excellent example of sympathetic magic is contained in a ritual for casting out devils from the body of a king who appears to have been grievously ill. The priest brings a goat from the field and having placed bow and arrow in the hand of the king bids him shoot at the goat. The incantation here reads as follows:

> « When the king at the goat with the bow shoots
> May the demons of evil fate, of *fever*, sickness, witchcraft, evil-doing,
> . . . . . all evil that appears before the Sun-God, whatsoever in his body is,
> Like this arrow from his body may they be sent.
> Let the king, when with the bow at the goat he shoots,
> Name by name the evil ghoul, the evil devil . . . . .
> The king son of his god pronounce clean, send forth ».

The texts usually speak of *tabu* as an act of binding the limbs and body of man and hence the most ordinary expression for delivering a person from the spell is « to unbind him ». The most ordinary method is the use of strings, which are tied about the body or the bed and then broken in sign that the spell is broken. The best example of this kind is the following:

> « To the temple-women she (the goddess Ishtar) took her steps,
> Ishtar her temple women summoned.
> A skilled woman at the spinning wheel she caused to sit.
> Of white wool and black wool a double cord on the spindle she spun.
> A mighty cord a great cord, a variegated cord, a cord that dissolves the curse (*mamit*).
> Against the evil plotting of the curse by men,
> Against the malediction of the gods,
> A cord dissolving the curse.
> (With it) the head and hand of this man he bound.
> And Marduk the princely son of Eridu with his holy hands broke it.
> The cord of the curse unto the field, unto a clean place take it.
> May the wicked curse stand aside.
> May that man be clean, be pure,
> Unto the kindly hands of his god may he be entrusted ».

In this process we have a mixture of sympathetic magic and of contagious magic. The spell is broken as the cord is broken and not only that but the *tabu* passes into the cord precisely as into the elements ordinarily used in atonement.

We will also mark the expression « a clean place », to which the elements charged with *tabu* are taken. This technical term is common to both Babylonian and Hebrew magic and has generally been interpreted as a euphemism. Scholars suppose that this term really means an « unclean place », « a cursed place ». This would be tantamount to saying that these peoples regarded certain spots as permanently *tabued*, officially *tabued* if I may use the term, a state of affairs which would never have been allowed. To a Babylonian, nature in her ordinary state is clean and, if I understand their magic, *tabu* or demons cannot be transferred to things already *tabued*. We know for instance that the Hebrews sent the scapegoat away into the desert to bear the uncleanness of the people to the satyr demon Azāzel. Now there is much in favour of the theory that Azāzel is a genius of the flocks, a beneficent demon.

The Hebrews probably supposed they were sending away the scapegoat to its divine patron who was capable of disposing of the demoniacal powers. And I venture to support the same theory regarding the term « a clean place ». One of the fundamental tenets of the Babylonian view of the world was to see in the objects of nature, the grass, the grain, the waters and so forth, a mystic connection with the gods. When they placed the dangerous elements on the earth in the desert they probably supposed that the divine powers of earth and heaven, by which they so often banned the devils, would dispose of these forever. These views are opposed to what is regarded as almost a canon of Biblical interpretation. In any case the Hebrew and the Babylonian ritual must be interpreted together, and the old view is contrary to Babylonian ways of thinking.

In Hebrew magic, blood seems to have been the most important element of atonement, as water was in Sumerian magic. In view of the great influence which Babylonian magic appears to have exerted upon the Hebrew rituals it is curious that it did not succeed in banishing this gross Semitic practice. The Sumerians were a cultured people, too refined

to permit of such crude ideas and they succeeded in teaching those Semites with whom they came in contact a cleaner form of magic. Blood of animals does not appear as a cleansing element in Babylonia. We hear of rituals which are gross enough, such as quartering lambs and placing their parts to the corresponding parts of the patient, the head to the head, the feet to the feet and so forth, a low form of contagious magic. But the blood atonement is not there, and when places are to be consecrated or made ritually clean they are swept and sprinkled with water not with blood. The priests appear to have been consecrated by baptism, at least so we infer from one of the titles (*ramku*) of the priests of magic, and anointed with oil. The Babylonians could not have had any developed doctrine of consecration by which some mystic sanction or power was conveyed to men. Their theology made the idea of consecration impossible, for, if a man in his natural state is possessed by a god and goddess, he is already divine. Consecration of priests has rather a social meaning than a magical significance in Babylonian. Only in a negative sense can it be said to have any importance; the baptism and anointing seems to have given immunity against the evil powers but this rite could be performed also for ordinary men.

The consecration of buildings appears to have had the same negative significance. The location was selected by the diviners, psalms were sung and offerings made to the gods. When Nabopolassar founder of the last Babylonian dynasty laid the foundation of the great stage tower of Babylon his inscriptions state that:

> « The oracle of the Sun God, the Thunder-God and of Marduk I consulted.
> By the art of the magicians and the wisdom of Ea and Marduk I cleansed that place ».

I doubt, however, that the Babylonians had any clear sense of the isolation of things because of their holiness. Upon this point the Assyriologist must speak with caution but so far as our evidence goes there is no reason to assume that they held extreme views about consecrated objects. They probably removed their sandals and boots when entering upon holy ground but they have no punishment for the violation of this law. In their legal and religious texts there are no

references to punishment for desecration of sacred places. On the whole the attitude in regard to sacred places seems to have been purely sentimental. Their temples shrines and statues were holy because the rituals had purged them of uncleanness and they were sacred because of religious association. Although they exaggerated the importance of magic in religion, in medicine, in all the practical affairs of life yet they had no doctrines or rituals which can be described as sacramental.

We possess one rather complete ritual for the consecration of an ordinary house which will serve to illustrate their views in these matters. When the house is built the priest-magician places on the spot, chosen for the ritual, images of those gods who preside over various handicrafts, such as the god of carpenters, potters and brickmakers. The priest having set forth water prays to the Sun God:

« Oh Sun God, lord of heaven and earth, builder of cities and houses thou art.
To decree fates, to design plans, are in thy power.
This house, which so and so son of so and so has build, bless.
Decree for it a good fate. Design for it a good destiny.
Truly this is a brick construction bringing peace to its builder.
And a house bringing happiness to its maker.
The house which he built may be solid.
In this house may he enjoy happiness.
As much as he plans (in this house) may he obtain ».

Here follows a ritual whose meaning is obscure. The priest then carries the image of the brickmaker's god out of the house and sets him down outside the garden gate. Beside him the priest places seven jars of water, seven posts of the heart of date palms, provisions of bread, honey and mead. An offering is made and roast cakes set forth. Now the priest standing by or toward a river prays to the Water God and his son Marduk:

« Oh Ea and Marduk [this is the brickmaker's god (?)]
And provisions for the god of bricks [I have set forth]
Bless the house which the god of bricks has built.
Truly be it an healthy house, bringing peace to its maker ».

After a long prayer to these gods the priest casts the god of brickmaking into the river.

It is certainly curious that the very deity who presided over the construction of the house should be maltreated in this way. The brickmakers'god is put in a sail-boat with his food, and the priest cries to the river « take him away »:

« Oh brickgod thou art seized away.
Thou art over-thrown and cut off.
Oh brickgod by heaven thou art cursed,
And by earth thou art cursed.
By the sea thou art cursed.
By the gods that dwell in the ancient assembly hall thou art cursed.
Be far away, be far removed ».

Then the priest and the master builder shall turn away their faces and for three days not enter the house. From a broken part of the tablet at the end we learn that another image of the brickgod is consecrated and put in the house.

It will be noted that the real act of consecration in this ceremony are the prayers to the god; a certain sort of magical purification may be attached to the removing of the deity who presided over the construction. But here as every-where in Babylonian religion, priestly magic is a defensive act, a process of removing the common and unclean, a ceremony of restoring man and things to their natural state. A condition of isolating holiness appears foreign to their conceptions and opposed to their theory of the world.

Oxford, Jesus College.

S. LANGDON

LIEBE, LUXUS UND KAPITALISMUS

Das Verständnis für die Genesis des modernen Kapitalismus ist aufs engste gebunden an eine richtige Würdigung der grundstürzenden Wandlungen, welche die Beziehungen der Geschlechter zueinander seit dem Mittelalter bis in die Zeit des Rokoko hinein durchmachen. Das europäische Mittelalter hatte das kosmische Phänomen der Liebe zwischen den beiden Geschlechtern wie alles menschliche Tun in den Dienst eines Höheren: Gottes gestellt. Alle nicht Gott geweihte oder institutionell gebundene Geschlechtsliebe war mit dem Stigma der Sünde gebrandmarkt worden. Eine grundsätzlich andere Auffassung vom Wesen der Liebe dringt in weitere Kreise wohl zuerst in den Jahrhunderten des « Minnesangs » ein; etwa seit dem 11ten Jahrhundert, das ja für die Verweltlichung der Lebensführung in jeder Hinsicht den Anfang bildet; das Schreckensjahr 1000 war überstanden, neue Silbergruben wurden erschlossen, und die Beziehungen zum Orient fingen an, breiter und enger zu werden. In der Provence erklangen zuerst wieder die Töne einer freien irdischen Liebe in den Liedern der Troubadours; sie nahmen seit etwa 1090 ihren Anfang und erlebten von der Mitte des 12ten bis um die Mitte des 13ten Jahrhunderts ihre Blütezeit. Uns erscheint heute der ganze Minnesang unwahr und erkünstelt. Er ist ausgesprochene Pupertätserotik, die in der Verhimmelung der Geliebten, im Schmachten und Stöhnen, im Schwärmen und Anbeten sich erschöpft. Den festen Boden natürlicher Sinnlichkeit betreten wir erst im Trecento; wir vermögen allerdings nicht einmal mit Bestimmtheit zu sagen, ob die Le-

benskreise der Minnesänger sich unmittelbar fortsetzten in der Gesellschaft, die wir etwa um den päpstlichen Hof in Avignon oder um Boccaccios Fiammetta finden. Jedenfalls erscheint uns eine Stimmung, wie sie etwa den *Dekameron* beseelt, als die unmittelbare Fortsetzung der Schwärmerei in den vergangenen Jahrhunderten; es ist die Reaktion der gesunden Sinnlichkeit gegen einen überspannten Idealismus, die sich aber zunächst auch noch in kindlichen Formen äussert: die Reize des Geschlechtsgenusses werden gleichsam neu entdeckt, und das Lüften von Schleiern und Gewändern bereitet ungeahnte Seligkeiten.

Das Jahrhundert Tizians bricht an, in dem die Seele und die Sinne zu nie gekannter Harmonie zusammenfliessen. Zu welcher unerhörten Feinheit das Liebesleben ausgebildet war, sehen wir fast noch besser als an den Werken der Dichter, Maler und Bildhauer aus dem *Theoretischen Traktat* von der Liebe, den diese Zeit hervorgebracht hat: aus den *Asolani* Pietro Bembos. Damals war wohl Italien das einzige Land, in dem der Kultus der Liebe und der Schönheit eine Stätte gefunden hatte; Frankreich war noch eine Puppenstube. Mit den Valois kommt italienische Kultur nach Frankreich und mit dieser der Frauendienst. Im 17ten und 18ten Jahrhundert wird Frankreich die hohe Schule der Liebe, die es bis heute geblieben ist. In den Fragonard, Baucher, Greuze hebt sich die Zeitepoche aus, die mit Boccaccio und Pietro Perugino begonnen hatte.

Welche Stellung nimmt die Ehe zu der Liebe ein? Theoretisch hat dieses Problem vor allem Montaigne untersucht; er zog gleichzeitig auch die letzten und radikalsten Schlüsse. Wenn Liebe Genuss ist und die Ehe eine soziale oder kirchliche Einrichtung, die viele sehr edle Zwecke verfolgt, so ist die Verwirklichung der Liebessehnsucht nicht nur unabhängig von der vorhergegangenen Ehelichung; die beiden Dinge: Liebe und Ehe schliessen sich vielmehr aus. Er begründet seine Auffassung wie folgt: Die Liebe hasst es, dass man sich an etwas anderes hält als an sie, und hat nicht gern etwas gemein mit Beziehungen, die aus einem ganz anderen Grunde geknüpft sind, wie es die Ehe ist. Es heisst eine Art von Incest begehen, wenn man in diesem ehrwürdigen und heiligen Bunde, der die Ehe ist, den Extravaganzen der Liebesleidenschaft eine Stätte bereitet. Eine gute Ehe weist die Gesellschaft

der Liebe zurück und will die Freuden der Freundschaft geniessen. Lieben und sich binden sind zwei grundverschiedene Dinge, die einander ausschliessen. Wichtiger aber und entscheidender für den Kulturgang war es, dass die Gesellschaft Jahrhunderte lang dieser Auffassung gemäss gelebt hat; dass Jahrhunderte lang in bestimmten Schichten sich wie selbstverständlich Ehe und Liebe trennten und jede für sich mit gleicher Berechtigung nebeneinander bestanden, womit ja im Grunde die Lebensgewohnheiten des griechischen und spät römischen Altertums wieder aufgenommen wurden. Wenn in einer Gesellschaft die freie Liebe neben der gebundenen Liebe sich einzunisten beginnt, so sind die Frauen, die dieser neuen Liebe dienen, entweder verführte Mädchen anständiger Familien und Ehebrecherinnen oder Huren. Ziffern für die ersten beiden Formen der freien Liebe stehen uns nicht zur Verfügung. Dass die Prostitution seit dem Mittelalter an Umfang und Bedeutung zunimmt, ist eine bekannte Tatsache; vor allem werden natürlich die Grossstädte ihr Sitz. Für Rom weist eine ziemlich zuverlässige Statistik 6800 *meretrices* (1490) auf; das wären verhältnismässig noch mehr (Rom hatte damals noch nicht 100.000 Einwohner), als uns für London und Paris am Ende des 18ten Jahrhunderts angegeben werden: 50.000 und 30.000. Aber wichtiger für die Gestaltung namentlich der äusseren Kultur ist die Tatsache geworden, dass sich zwischen die *Femme honnête* und die *Putaine* eine neue Schicht von Frauen schiebt, für die wir die verschiedensten Bezeichnungen in den romanischeu Sprachen haben: Cortegiana, Kurtisane, Konkubine, Maitresse, Grande Amoureuse, Grande Cocotte, Femme entretenue u. s. w. Mit diesen Frauen tritt die Liebe, die zu einer freien Kunst geworden ist, wieder aus dem Stadium des Dilettantismus heraus und wird der Pflege Berufener überantwortet. Durch einen natürlichen Ausleseprozess werden die talentvollen Frauen aus der Masse herausgehoben und diesen Gelegenheit geboten, durch ausschliessliche Beschäftigung mit dieser Kunst sich zu Meisterinnen in ihr auszubilden.

Cortegiana bedeutet zunächst nichts anderes als Hofdame. Sobald aber die Frau aus der Umgebung eines Kirchenfürsten mehr als rein geistige Beziehungen mit den hohen Herren unterhielt, musste schon aus einem rein äusserlichen Grunde aus der Cortegiana eine Kurtisane werden. Was in Avignon begonnen war, wurde in Rom fortgesetzt; auch hier war die

Dame am Hofe von Natur « illegitim ». Die Kurtisanen am Hofe der Fürsten, die Maitressenwirtschaft, ist hier nicht näher darzustellen; grosszügig wird das System in dem Masse, wie die kleinen Höfe von den grossen abgelöst werden. Seit der Reformation übernimmt Frankreich die Führung: die Geliebten Franz I. sind die ersten Königsmaitressen, die wir lebendig vor uns sehen. Dieser König erblickte ja in der Galanterie den Sinn des Hoflebens, und der wichtigste Schritt der Galanterie bestand darin, dass er seine Maitresse zur ersten Person des Hofes machte. Der Einfluss des Hofes auf alles, was sich zur Gesellschaft rechnete, war zu gross, als dass sich diese Legitimierung der Illegitimität nicht allmählich auch auf die freien Liebesbeziehungen ausserhalb des Hofes hätte ausdehnen sollen. Es kam die Kurtisane zur Welt, die garnichts mit dem Hofe zu tun hatte: als Femme entretenue oder Kokotte. Auf die weitere Entwickelung des Kurtisanenwesens in den Grossstädten soll hier nicht eingegangen werden; bedeutsam für die Herausbildung des Typs der modernen Kurtisane wurde der Umstand, dass seit dem Ende des 16ten und dem Anfang des 17ten Jahrhunderts auf den Pariser Theatern Frauen erschienen, eine Sitte, die in England unter Karl II. eingeführt wurde. Die Theaterdamen, die Tänzerinnen an der grossen Oper lösten die dichtenden und malenden Kurtisanen des Cinquecento ab.

Ganz besonders wichtig erscheint mir nun aber der Umstand, dass durch das Emporkommen der eleganteren Kurtisane auch die Geschmacksbildung der anständigen Frau, d. h. also der Frau von Stande, in der Richtung des Kokottenhaften beeinflusst wird. Die Lebensführung der Demi-Mondaine wird, was hier besonders betont werden muss, auch äusserlich bestimmend für den Lebenszuschnitt der Mondäne. Wie selbst heute noch in unserer verbürgerlichten Welt die Dame Ausschau hält nach den Toiletten, die die Grandes Cocottes auf dem Frühjahrsrennen in Paris tragen, und wie alle Tollheiten der Mode und des Luxus, der Pracht und der Verschwendung zuerst von den Maitressen durchprobiert werden, ehe sie in abgetönter Färbung von den Damen der Gesellschaft angenommen werden; so hat in einer Zeit, in der der Bürger noch ganz abseits von der « Gesellschaft » stand, die Kurtisane natürlich in noch viel höherem Grade den Ton angegeben, auf den das Leben gestimmt war.

Alle Bedingungen waren erfüllt, um grossen Luxus zu erzeugen: der Reichtum, die freie Gestaltung des Liebeslebens, das Streben einzelner Gruppen der Bevölkerung, sich anderen gegenüber zur Geltung zu bringen, das Leben in der Grossstadt. Im folgenden will ich nicht den Zusammenhang mit der Entstehung des Luxus darlegen; ich will umgekehrt von der Tatsache ausgehen, dass in den Jahrhunderten seit dem Ausgang des Mittelalters ein grosser Luxus geherrscht hat, der sich gegen Ausgang des 18ten Jahrhunderts ins Masslose steigerte, und will sie dann erklären. Ich will nach Möglichkeit eine ziffernmässig bestimmte Grössenvorstellung von der Luxusentfaltung geben, da erst die Ziffer hinter dem einzelnen Luxusphänomen und insbesondere hinter einer Masse solcher Einzelphänomene die Bedeutung erkennen lässt, die der Luxusbedarf für die Ausbildung des Marktes gehabt hat. Dann ist nachzuprüfen, in welchem Zusammenhange diese Luxusentfaltung mit den gesellschaftsbildenden Faktoren steht, die bereits geschildert wurden. Inwiefern insbesondere die Frau, zumal die von Unrechtswegen geliebte Frau, das Weibchen, Anteil an der Ausgestaltung des äusseren Lebens in unserer Epoche genommen hat.

Wie alles Leben, so ging auch alles Wohlleben in jener Zeit von den Fürstenhöfen aus: sie sind recht eigentlich die Quelle aller Energien. An die hell leuchtende Avignoner Episode reiht sich in unserer Vorstellung unmittelbar an die Glanzzeit des Papsttums in Rom unter der Herrschaft der grossen Renaissancepäpste von Paul II. bis Leo X. Mit Paul II. beginnt das Bacchanale: « sein Hof war üppig, er selbst sinnlichen Genüssen ganz ergeben ». Sixtus IV. eiferte seinem Vorgänger nach. Unter ihm sind es vor allem die Nepoten, die ihr Leben hier ausleben: sein Sohn Pietro Riario, der über ein Einkommen von 60.000 Fl. verfügt, verschwendet seinen Reichtum in zwei Jahren. Den Höhepunkt des weltlichen Glanzes erklomm das Papsttum in dem ewigberühmten Lateranischen Festzug Leos X. am 11. April 1513: 100.000 Dukaten hatte der eine Tag gekostet, an dem Hunderte von Künstlern ihr bestes Können opferten. Die weltlichen Höfe Italiens, vor allem die von Mailand und Neapel, wetteiferten in der Entfaltung weltlichen Glanzes mit denen von Rom. Aber für die Geschichte des höfischen Luxus wurde doch recht eigentlich die Tatsache bedeutsam, dass die französischen

Könige die Erbschaft der italienischen Fürsten auch in allem antraten, was Lebensauffassung und Lebensführung betraf. Ich habe darüber in meinem Buche *Luxus und Kapitalismus*[1] ziffernmässige Belege beigebracht; einige seien hier daraus wiedergegeben. Im Jahre 1542 belief sich die Gesamtausgabe des Königs von Frankreich auf 5.788.000 L., davon sind, wie ich näher dargelegt habe, 2.995.000 L. Luxusausgaben. Unter Heinrich IV. gehen die Ausgaben für Luxuszwecke etwas zurück. Von hier ab steigen jedoch die Ausgaben Jahr für Jahr; in der letzten Regierungszeit Ludwigs XIV. kulminiert die Entwickelung. Für ein Jahr (1685) habe ich errechnet, dass die persönlichen, d. h. überwiegend Luxusausgaben des Königs rund 29 Mill. fr. verschlangen bei einem Gesamtetat von 100.640.257 Liv. Insgesamt wurden für die königlichen Bauten während der Regierungszeit Ludwigs XIV. ausgegeben: 198.957.579 L. 14 S. 11 D. das sind, da in dieser Zeit das Liv. tur. zwischen 1,22 und 1,63 stand, rund 300 Mill. Fr. heutiger Währung. Welcher Reichtum und welche Pracht in den Möbeln der Königlichen Schlösser zur Entfaltung kamen, ersehen wir jetzt aus den Veröffentlichungen der Inventare, die auch mit Abbildungen reichlich geschmückt sind. Eine Auszählung ergibt beispielsweise, dass allein an vollständigen grossen gewebten Wandbehängen (tentures complètes) 334 in den Schlössern Ludwigs XIV. vorhanden waren, die aus 2600 Teppichen und 140 Einzelstücken bestanden, dass aus den Manufactures des Gobelins 822 Stücke oder 101 Wandbehänge dorthin geliefert waren. Der Kleiderluxus am französischen Hofe steigerte sich während des 18ten Jahrhunderts unausgesetzt weiter und erreichte einige Jahre vor der Revolution seinen Höhepunkt.

Und das Weibchen? Hat es Anteil — und welchen? — an dieser raschen Steigerung der Luxusausgaben? Bei den italienischen Fürsten, bei den französischen Valois braucht man nicht lange zu fragen: man weiss, dass sie nur den Frauen zuliebe lebten. Bei Ludwig XIV. können wir, ich möchte sagen, aktenmässig den Einfluss seiner Geliebten auf die Gestaltung seines äusseren Lebens verfolgen. Die Liebe zur La Vallière hat Ludwig XIV. zur Erbauung von Versailles getrieben. Auf seines Vaters kleinem Jagdschloss von Versailles hatte er die ersten Rendez-vous mit ihr gehabt: « dort

[1] Verlag von Dunker und Humblot, München und Leipzig, 1913.

auf dem Waldhügel sollte die Geliebte ihres Herrn Zauberschloss aufsteigen sehen». Mit der Liebe zur La Vallière beginnen die grossen Feste am Hofe. Von 1674 bis 1680 wird das Schloss von Clagny, das 2 Mill. Fr. kostet, errichtet: die Caprice einer Favoritin. Und immer, wenn eine neue Geliebte Ludwigs Herz gefangen nimmt, bricht eine neue Flut von Luxus hervor. Eine ist immer verschwenderischer als die andere bis zu der Fontanges, die die Goldstücke durch alle Fenster schleuderte, die monatlich 100.000 écus verbrauchte und sich wunderte, als man dies Verschwendung nannte. Dass der französische Hof im 18ten Jahrhundert ganz von den Maitressen beherrscht und das Hofleben von ihnen bestimmt wird, ist bekannt. Der Luxus, den der Hof trieb, verbreitete sich allmählich über alle die Kreise, die ihr Ideal im Hofe erblickten oder mit dem Hofe irgendwie in Beziehung standen. Das waren aber, wie wir getrost sagen können, alle reichen Leute, die nun von demselben Streben nach weltlichem Glanz ergriffen wurden, wie es die höfischen Kreise beherrschte. Man schaute zumal in Frankreich zu dem Könige auf wie zu einem Gott: Ludwig wurde zum arbitre du goût für Paris, für die Provinz, für Europa. Wie Mansart baute, wie Le Nôtre die Gärten anlegte, wie Lebrun die Möbel zeichnete, wie Rigaud malte: so wollte jeder, dem die Mittel es erlaubten, seine Häuser bauen, seine Gärten anlegen, seine Einrichtung gestalten, sich malen lassen.

Aber der Prozess der Verweltlichung hätte sich gewiss nicht so schnell vollzogen, die Entfaltung des Luxus wäre nicht in so kurzer Zeit ins Unermessliche gewachsen, wenn neben dem Hofe nicht ein anderer wichtiger Quell aufgesprungen wäre, aus dem in breitem Strom Genusssucht, Lebensfreudigkeit und eitler Prunksinn sich über die Welt ergossen hätten, wenn nicht ein ganz intensives Luxusbedürfnis bei den nouveaux riches wie eine verheerende Krankheit ausgebrochen wäre. Es ist eine Erscheinung, die in unserem Kulturkreise immer wiederkehrt, dass Leute aus dem Volke, die schnell zu Reichtum kommen, diesen Reichtum vorwiegend zu Luxusausgaben verwenden. Es ist auf der einen Seite die Unfähigkeit der natürlichen und rohen Menschen, dem Leben andere Freuden als materielle abzugewinnen, wis sie vor allem aus einer reichen Ausstattung mit Genussgütern fliessen. Es ist auf der anderen Seite der brennende Wunsch, sich neben der

durch Vornehmheit abgeschiedenen Gesellschaft eine geachtete Stellung zu erobern, was den reich gewordenen Krämer zur Luxusentfaltung antreibt. (Wenn er nicht den entgegengesetzten Weg, auf dem wir ihn ein anderes Mal verfolgen werden, einschlägt und « geizig » wird). Den innigen Zusammenhang, der zwischen dem Emporkommen der Roture und der Ausweitung des Luxusbedarfs besteht, können wir ganz genau verfolgen, wenn wir uns die Etappen gegenwärtig halten, in denen die Leute, *quos virtus aut Fortuna e faece hominum extulit,* in grösseren Mengen auftauchen. Diese Etappen bilden ebensoviele Schichten in dem Aufbau des modernen Luxus: in dem wir also ebenso wie in der Geschichte des Reichtums die italienische Epoche des 14ten und 15ten Jahrhunderts, die deutsche des 15ten und 16ten Jahrhunderts, die spanisch-holländische des 17ten Jahrhunderts und die französisch-englische des 18ten Jahrhunderts unterscheiden können.

Und das Weibchen? Wir wissen, dass die Maitressenwirtschaft namentlich im 17ten Jahrhundert durchaus allgemein in der guten Gesellschaft war. *Quel est l'homme qui n'a pas de maîtresse?* ruft ein Philosoph jener Zeit ganz naiv aus. Da können wir ohne weiteres, wenn wir jetzt von der Verschwendung dieser Kreise hören, darauf schliessen, dass ein gut Teil davon auf das Konto der illegitimen Liebe zu setzen ist, und dass der Rest von den legitimen Gattinnen verschuldet war. Ich will im folgenden die Luxusentfaltung nach ihrem wichtigsten Inhalt verfolgen. Wir gewinnen dadurch einen klaren Einblick in die mannigfachen Möglichkeiten des Luxus unter dem Ancien régime und können deutlich erkennen, wie von den einzelnen Luxusausgaben oder besser von der Häufung der einzelnen Fälle der Luxusbetätigung die Fäden hinüberreichen nach den ersten Gebilden kapitalistischer Organisation auf dem Gebiete des Handels und der Industrie.

Ich will im folgenden hervorheben, welche Wandlungen der Luxus von 1200 bis 1800 erlebt, und ich will zeigen, wie sehr an diesen Wandlungen die Frauen schuld sind. Zunächst möchte ich für die genannte historische Periode folgende allgemeine Entwickelungstendenzen des Luxus unterscheiden:

a) Tendenz zur Verhäuslichung.

Der meiste mittelalterliche Luxus war öffentlicher, nun wird er privater. Er wurde aber auch als privater weit mehr ausserhalb des Hauses entfaltet, wie in dem Hause. Jetzt

wird er immer mehr in die Häuslichkeit verlegt: die Frau holt ihn zu sich herein.

b) Tendenz zur Versachlichung.

Der Luxus unserer Periode trägt noch immer einen stark personalen und damit quantitativ gerichteten Charakter. Zweifellos wird nun aber seit dem Mittelalter der personale Zug in der Luxusentfaltung unausgesetzt schwächer. Ehedem erschöpfte sich der Luxus vielfach im Aufgebot zahlreicher Trabanten, in deren Beköstigung und Belustigung bei Festen u. s. w. Jetzt ist die zahlreiche Dienerschaft nur noch eine Begleiterscheinung der immer mehr wachsenden Verwendung von Sachgütern zu Luxuszwecken. An dieser Versachlichung hatte nun das Weibchen abermals Interesse, denn die Aufbietung zahlreicher Gefolgsmannen kommt ihr wenig zu gute, wie es die prächtigere Kleidung, die behaglichere Wohnung, der kostbarere Schmuck tun. Ökonomisch ist diese Wandlung wieder äusserst relevant. Adam Smith würde sagen: man geht von « unproduktivem » zu « produktivem » Luxus über, weil jener personale Luxus « unproduktive », der versachlichte Luxus hingegen produktive Hände (im kapitalistischen Sinne: Lohnarbeiter in einer kapitalistischen Unternehmung) beschäftigt.

Hand in Hand mit dieser Versachlichung des Luxus geht aber die vom Weibchen mit besonderer Energie geförderte

c) Tendenz zur Versinnlichung und zur Verfeinerung.

Als Tendenz zur Versinnlichung sehe ich jene Entwickelung an, die dahin führt, dass der Luxus immer weniger irgendwelchen idealen Lebenswerten (wie namentlich der Kunst) und immer mehr den niedrigen Instinkten der Animalität dient. Man denke nur an den Sieg des Rokoko über das Barock. Dieser Sieg bedeutet nichts anders als den endgültigen und vollständigen Triumph des Weibchens. Das siegreiche Weibchen strahlt uns aus allen Schöpfungen der Kunst und des Kunstgewerbes dieser Zeit entgegen: aus Pfeilerspiegel und Lyoner Kissen, himmelblauseidenen Betten mit weissen Tüllgardinen, aus zartblauen Jupons, grauseidenen Strümpfen und rosigen Seidenkleidern, aus koketten mit Schwanendaunen besetzten Peignoirs, aus Straussenfedern und Brabanterspitzen. Mit der Tendenz zur Versinnlichung des Luxus im engsten Zusammenhange steht die Tendenz zu seiner Verfeinerung. Verfeinerung heisst Vermehrung des Aufwandes an lebendiger

Arbeit an der Herstellung eines Sachgutes. Damit wird aber auch der Spielraum namentlich für die kapitalistische Industrie, aber auch für den kapitalistischen Handel (Beschaffung ortsferner Stoffe) wesentlich ausgeweitet.

d) Tendenz zur Zusammendrängung

in der Zeit nämlich. Sei es, dass viel Luxus innerhalb einer gegebenen Zeit entfaltet wird, viele Gegenstände genutzt werden, viele Genüsse durchgekostet werden; sei es, dass früher periodische Luxusveranstaltungen nun zu ständigen Einrichtungen werden; sei es, dass in kürzerer Zeit die Luxusgüter hergestellt werden, um rascher ihrem Besitzer dienen zu können. Die Regel im Mittelalter war die lange Produktionszeit: Jahre und Jahrzehnte wurde an einem Stück, an einem Werk gearbeitet; man hatte keine Eile, es vollendet zu sehen. Seitdem das Individuum sich herausgerissen hatte aus der es überdauernden Gemeinschaft, wird seine Lebensdauer zum Massstab seines Geniessens. Der Einzelmensch will selbst möglichst viel von dem Wandel der Dinge erleben. Maria von Medici liess den Luxemburg-Palast in der unerhört kurzen Zeit von fünf Jahren vollenden. Am Versailler Schloss wurde Tag und Nacht gearbeitet. *Pour Versailles il y a deux ateliers de charpentiers, dont l'un travaille le jour et l'autre la nuit,* hat uns Colbert selbst erzählt. Der Graf von Artois lässt Bagatelle von Grund aus neu bauen, damit er der Königin dort ein Fest gäbe, und beschäftigt 900 Arbeiter bei Tag und bei Nacht. Als es ihm nicht schnell genug geht, schickt er seine Huissiers auf die Landstrasse, um Stein und Kalkwagen abzufangen.

Welche Bedeutung hatte der Luxus für die Entstehung des Kapitalismus? Diese Frage hat die Ökonomisten de 17ten und 18ten Jahrhunderts auf das lebhafteste beschäftigt. Man sprach damals allerdings noch nicht von Kapitalismus, sondern nannte das, was man meinte: Industrie oder Manufakturen oder Reichtum oder sonstwie. Aber man war sich über die Sache einig; man erkannte, dass der Luxus diejenigen Wirtschaftsformen, die damals im Entstehen begriffen waren, eben die kapitalistischen, zur Entfaltung bringe, und deshalb waren alle Freunde des ökonomischen « Fortschritts » auch warme Fürsprecher des Luxus. Die Regierungen richteten ihre Politik in einem luxusfreundlichen Sinne ein. Man hätte nun denken sollen: als man in unserer Zeit daran ging, der Ent-

stehung des modernen Kapitalismus nachzuspüren, hätte man Beobachtungen der alten Ökonomisten sich zu Nutze gemacht.

In der Lehre vom Markte und seiner Bedeutung für die Entstehung des Kapitals hat sich seit Marx die unglückliche Idee festgesetzt: der Kapitalismus sei durch die geographische Ausweitung der Absatzbedingungen insbesondere durch die Erschliessung der Kolonien im 16ten Jahrhundert wesentlich gefördert worden. Oder wie der Gedanke in der mehr teleologisch orientierten Auffassung der historischen Schule der Nationalökonomie, dem sich dann fast alle Wirtschaftshistoriker anschlossen, gemodelt wurde: die räumliche Ausweitung des Absatzes, der Fernabsatz, der Export habe die kapitalistische Organisation « nötig » gemacht. Den verfahrenen Wagen wieder auf das richtige Gleis zu bringen, wollen die folgenden Ausführungen ihr Teil beitragen.

Der Luxus hat bei der Entstehung des modernen Kapitalismus auf sehr verschiedene Weisen mitgeholfen; er hat z. B. bei der Überführung des feudalen in den bürgerlichen Reichtum (Verschuldung) eine wesentliche Rolle gespielt. Hier soll jedoch nur *seine marktbildende* Kraft in Rücksicht gezogen werden, die man sich im allgemeinen etwa so klarmachen kann. Die kapitalistische Unternehmung braucht, wie wir wissen, um leben zu können, einen Mindestabsatz von Tauschwerten. Die Höhe dieses Absatzes ist von zwei verschiedenen Umständen abhängig: von der Häufigkeit des Güterumsatzes und von der Höhe des Tauschwertes der umgesetzten Güter. Die Höhe des Tauschwertes der umgesetzten Güter ist wiederum durch zwei Faktoren bestimmt: durch die Höhe des Tauschwertes des einzelnen Gutes und durch die Menge der Güter. Somit kann ein Mindestabsatz erzielt werden entweder durch den Absatz hochwertiger oder durch den Absatz vieler Güter: Einzelabsatz und Massenabsatz. Die Hochwertigkeit eines Gutes kann auf zwei verschiedene Weisen entstehen: durch Häufung oder durch Verfeinerung. Häufung findet bei denjenigen Gütern statt, die man zusammengesetzte oder komplexe Güter nennen kann: Lokomotiven, Schiffe, Krankenhäuser. Es handelt sich um eine grosse Menge ordinärer Güter, die aber zu einer Einheit verbunden werden und durch ihre Summierung dieser Einheit einen grossen Wert verleihen.

Die Entwickelung während des Mittelalters und der näch-

sten Jahrhunderte erfolgt nun so, dass der Grobbedarf im wesentlichen unverändert bleibt, also für den Kapitalismus zunächst garnicht in Frage kommt. Der Bedarf an Gebrauchsgegenständen für die grosse Masse der Bevölkerung, ebenso aber auch der Bedarf an Arbeitsmitteln wird bis zum Ende der frühkapitalistischen Epoche bis auf zwei Ausnahmen in der Eigenwirtschaft oder vom Handwerk befriedigt. Die Ausnahmen, von denen ich sprach, in denen also schon vor dem Anbruch der hochkapitalistischen Epoche, also vor dem Ende des 18ten Jahrhunderts, ein Massenabsatz vieler minderwertiger oder ein Absatz susammengesetzter Güter entstand, sind: 1. die Kolonien, die also gewiss *auch* zur Entwickelung des Marktes für die kapitalistische Industrie beigetragen haben; und vor allem: 2. die modernen Heere. Hier gilt es, nur die andere Seite des Problems zu beleuchten; es gilt, den Nachweis zu führen, welchen grossen Anteil die Entfaltung des Luxus, also die Entstehung eines Luxusbedarfs, für die Entstehung des modernen Kapitalismus hat.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass der Warenhandel früher kapitalistische Formen angenommen hat als die Gütererzeugung. Ich habe zwar schwerwiegende Bedenken gegen die Annahme, dass während des Mittelalters die grossen Häuser der italienischen, südfranzösischen, spanischen und süddeutschen Städte vornehmlich durch den Warenhandel zu ihrem Reichtum gelangt seien; ich will aber doch die Möglichkeit nicht ausschliessen, dass auch reine Warenhandlungen sich zu kapitalistischen Unternehmungen entwickelt haben. Dann aber ist es ganz sicher ein Handel mit Luxuswaren gewesen, der ihre Grösse verursacht hat. Aller irgendwie belangreiche Handel, bei dem eine kapitalistische Organisation in Frage kommen kann, hat während des Mittelalters Italien zum Mittelpunkt, besteht also entweder in der Ausfuhr italienischer Erzeugnisse (oder der Einfuhr der für ihre Herstellung erforderlichen Rohstoffe und Halbfabrikate), oder in der Herbeischaffung und Zerstreuung der Waren, die der Orient lieferte. Italiens Einfuhr aus den nordischen Ländern bestand vornehmlich in Wolle (für die Florentiner Luxusindustrie), in Pelzwerk und feinem Leinenzeug. Dagegen führte Italien nach Norden aus: Seide und Seidenwaren; feinste Tücher; feinste Glaswaren; Baumwolle und Baumwollwaren, die bis in die Neuzeit hinein durchaus als Luxusgüter gelten; Wein,

Waffen. Ebenso dienten alle Waren, die man über Italien oder in Italien aus dem Orient bezog, dem Luxusbedürfnis der Reichen.

Tiefer und nachhaltiger als den Grosshandel hat der Luxus den Kleinhandel in seiner Entwickelung beeinflusst. Gab es in der frühkapitalistischen Epoche immerhin einige wichtige Grosshandelszweige, die kapitalistisch waren, und doch sich nicht mit Luxuswaren befassten, so wird sich, glaube ich, kein einziges auch nur kapitalistisch gefärbtes Detailhandelsgeschäft vor dem 19ten Jahrhundert nachweisen lassen, in dem nicht Luxusgüter wären feilgeboten worden. Die Luxuswarenhandlungen, und in ester Linie die Seidenhandlungen, vermehren sich, in der Tat, in kurzer Zeit stark wegen der rasch steigenden Nachfrage, verlassen ihre alten kleinen Standorte, um in den neuen immer grössern und eleganteren Läden sich auszubreiten und schliessen so die Tür auf, durch die der Konkurrenzkampf und der moderne kaufmännische Geist in die stillen Räume des Detailhandels eindringen.

Wenn im folgenden die Bedeutung des Luxus für die Industrie untersucht wird, so ist zu betonen, dass sich hier in der Sphäre der gewerblichen Produktion recht eigentlich der Einfluss des Luxus fühlbar macht. Hier ist der Zusammenhang zwischen der Entfaltung des Luxusbedarfs und der Entwickelung des Kapitalismus mit Händen zu greifen. Wir werden, in der Tat, etwa folgendes nachweisen können:

1. dass einige Luxusindustrien eine grosse absolute Ausdehnung gewonnen haben, deren Bedeutung wir uns durch allerhand Vergleiche ins Gefühl bringen können;

2. dass ausgesprochene Luxusindustrien besonders frühzeitig dem Kapitalismus anheimfallen;

3. dass innerhalb derselben Gewerbegruppen diejenigen Gewerbszweige, die Luxusgüter herstellen, der Regel nach früher vom Kapitalismus erfasst werden, als die andern;

4. dass in den Luxusindustrien zuerst grosskapitalistische und grossbetriebliche Organisationsformen sich ausbilden.

Zunächst seien die *reinen Luxusgewerbe,* also diejenigen Gewerbe, in denen nur Feingut hergestellt wird, behandelt; ihnen sollen sich die gemischten Gewerbe anschliessen, d. h. jene Gewerbe, in denen Grob- und Feingut hergestellt wird.

Unter den reinen Luxusgewerben ist die *Seidenindustrie* an erster Stelle zu erwähnen. Dass diese Industrie im Wirt-

schaftsleben der europäischen Völker während der frühkapitalistischen Epoche eine überragende Bedeutung gehabt hat, braucht nicht erst lange bewiesen zu werden. Zwei Ziffern seien hier nur angeführt. Der Wert der Lyoner Seidenzeuge belief sich in dem Zeitraum von 1770 bis 1784 auf jährlich etwa 60 Mill. Fr., der Wert der in Lyon allein erzeugten Seidenwaren machte ein Achtel bis ein Siebentel des Gesamtwertes des französischen auswärtigen Handels aus. Die Berliner Seidenindustrie erzeugte Waren für 3 bis 4 Mill. Taler, als der Gesamtwert der Produkte, die in den Berliner Fabriken und Manufakturen hergestellt wurden, sich auf etwa 6 Mill. Taler bezifferte. Diese Standard-Industrie jener Zeit hat nun als eines der ersten Gewerbe die kapitalistische Organisation über sich ergehen lassen müssen, so dass man wohl sagen kann, sie habe in der Geschichte des industriellen Kapitalismus Epoche gemacht.

Die *Spitzenindustrie*. Diese Luxusindustrie hat für einzelne Länder und Landesteile eine grosse Bedeutung gehabt. 1669 waren in Frankreich 17.300 Arbeiter und Arbeiterinnen in der Spitzenindustrie beschäftigt. Im Königreich Sachsen lebten im 18ten Jahrhundert ganze Bevölkerungen vom Spitzenklöppeln. Waren diese geklöppelten Spitzen vielleicht schon im 18ten Jahrhundert nicht durchgängig mehr ein Luxusartikel, so gilt doch von den feinen Nähspitzen, die in Brabant und seit Colbert namentlich auch in Frankreich angefertigt wurden, dass sie nur in den Oberschichten der Gesellschaft ihre Abnehmer fanden. Die Organisation war in allen Fällen dieselbe. Die Spitzenarbeiter wurden von Kaufleuten beschäftigt, unter denen zuweilen (in Frankreich) Zwischenmeisterinnen arbeiteten, die selbst wieder je vier bis fünf Arbeiterinnen unter sich hatten.

Die Spiegelfabrikation wird auf ganz breiter grosskapitalistischer Basis betrieben. In Frankreich machen sich 1704 zwei Gesellschaften Konkurrenz: die von Dombes und die von St. Gobain, Tour la Ville und Paris. Die Spiegelmanufaktur im Faubourg St. Antoine beschäftigte 500 Arbeiter. Mercier beschreibt uns die Einrichtung dieses Etablissements, wo in einem Schleifsaal 400 Arbeiter beschäftigt waren.

Die Porzellanindustrie ist die Luxusindustrie *par excellence* im 18ten Jahrhundert. Porzellanmanufakturen mit mehr oder weniger staatlicher Organisation werden errichtet in fol-

genden Städten: 1709 Meissen, 1718 Wien, 1720 Höchst, 1740 Vincennes, seit 1756 Sèvres, 1743 Capo di Monte bei Neapel, 1744 Fürstenberg, 1750 Berlin, 1755 Frankenthal, 1758 Nymphenburg und Ludwigsburg, 1772 Kopenhagen. Die Porzellanmanufakturen wachsen sich rasch zu ganz grossen Betrieben aus, wie deren die Zeit nur wenige kannte.

Es hat wenig Zweck, auch über die andern reinen Luxusindustrien wie für die genannten, die ich als Beispiele herausgegriffen habe, in ähnlicher Weise Bericht zu erstatten. Keine einzige wirkliche Luxusindustrie ist mir bekannt, die nicht spätestens im Laufe des 18ten Jahrhunderts in die kapitalistische und sehr häufig auch grossbetriebliche Form übergeführt wurde, wenn sie nicht sofort auf kapitalistischer oder grossbetrieblicher Grundlage aufgebaut ist. Ich will nur noch an die Glasindustrie, die Zuckerindustrie, die Goldschmiederei, die Stickerei und Fabrikation künstlicher Blumen erinnern.

Wie sehr nun aber Luxusindustrie und Kapitalismus zusammen gehören, ermessen wir erst ganz, wenn wir diejenigen Luxusindustrien vorüberziehen lassen, die sich aus alten Handwerken durch Differenzierung herausgebildet haben. Da nehmen wir wahr, dass diejenigen Teile eines Handwerks, die dem Kapitalismus anheimfallen, immer Tätigkeiten umfassen, die für den Luxusbedarf produzieren. Die meisten Handwerke machen schon während der frühkapitalistischen Epoche einen Differenzierungsprozess durch. Die künstlerische qualifizierte Arbeit scheidet sich von der gewöhnlichen groben Handwerksarbeit ab und verselbständigt sich in eigenen Gewerben. Diese nehmen damit einen kapitalistischen Charakter an, während die Grobarbeit lange Zeit dem Handwerker verbleibt, bis auch sie (aber erst in unseren Tagen) die Umwandlung in die kapitalistische Organisation erlebt. Handwerk und Luxusgewerbe werden ein sich ausschliessender Gegensatz.

Um die Richtigkeit meiner Gedankengänge zu erweisen, greife ich wiederum nur die wichtigsten der gemischten Gewerbe heraus.

Die *Wollindustrie* war neben der Seidenindustrie das wichtigste Gewerbe der frühkapitalistischen Epoche. In der Wollindustrie wurden Gewebe für die Armen und Gewebe für die Reichen hergestellt. Wo wir aber auf eine « blühende Wollindustrie » stossen, die der Stolz ihrer Staaten und Städte ist, ist es eine Luxusindustrie, und ist sie frühzeitig kapitali-

stisch oder grossbetrieblich organisiert. Vielleicht die frühste durchgängig kapitalistisch organisierte Industrie grossen Stils ist die Florentiner Wollweberei. Sie hebt sich als Ganzes durch ihren Qualitätscharakter von denen anderer Städte und Länder ab. Innerhalb der Stadt Florenz selbst schieden sich die Grobtücher von den Feintüchern. Die Groben und die Feinen waren im 14ten Jahrhundert auch räumlich getrennt; es ist der Gegensatz vom Garbo und S. Martino-Viertel. Was mir nun aber besonders interessant erscheint, ist die Wahrnehmung, dass in Garbo, wo die groben Massenartikel hergestellt wurden, die kleineren mehr zünftlerisch handwerkerlich interessierten Meister sassen, während in S. Martino, wo die eigentliche Luxusindustrie ihren Sitz hatte, die kaufmännisch kapitalistischen Interessenten die Oberhand hatten.

Aus dem Schneiderhandwerk hoben sich während des 18ten Jahrhunderts einzelne Betriebe heraus und bildeten sich in kapitalistische Unternehmung um: diejenigen, die für die feine, d. h. zahlungsfähige Kundschaft arbeiteten, in denen also Luxusgüter hergestellt wurden. Ganz grossen Stil, z. B., hatte schon im 18ten Jahrhundert die feine Damenschneiderei und Putzmacherei angenommen; die Schneiderin Marie Antoinettes machte einen Bankrott mit 3 Mill. Fr. Passiven.

In der Schuhmacherei gelang die feine Massarbeit zuerst zu höheren Formen der Organisation. In Paris begegnen wir im 18ten Jahrhundert dem « Magazinmeister », der nur für vornehme Kundschaft arbeitet.

Was das Baugewerbe angeht, so wurde schon zur Zeit der Renaissancepäpste die Herstellung der grossen Paläste und Kirchen durchaus in kapitalistischem Rahmen besorgt.

Die Stellmacherei, aber auch die Tapeziererei und die Sattlerei stossen während der frühkapitalistischen Epoche einige Verrichtungen ab, die sich zu einer neuen kapitalistisch betriebenen Luxusindustrie, der Kutschenbauerei, zusammenfügen. Die Kutschenbauerei hat um die Mitte des 18ten Jahrhunderts den Weg zur vollendeten Manufaktur halb zurückgelegt. Sie vereinigt in ihrer höchsten Form (in London) in eigener Werkstatt diejenigen Arbeiten, die den Kasten des Wagens einschlieslich Lederbezug und Polsterungen herrichten, und beschäftigt ausser dem Hause: den Schnitzer, den Radmacher, den Giesser, den Lederarbeiter, den Schmied, den Geschirrmacher.

Die Möbeltischlerei hat von jeher die Tendenz gehabt, die Schranken des Handwerks zu durchbrechen, sobald sie anfingen, Luxusgegenstände herzustellen. Im 17ten Jahrhundert gestaltet sich die Luxusschreinerei zu grossbetrieblichen Formen aus, die sich zunächst nicht im kapitalistischen Rahmen entwickeln, sondern vom Königtum gepflegt werden. Vorbildlich für alle Kunstmöbelherstellung ist die *Manufacture royale des Gobelins* geworden, die Colbert zur Blüte brachte. Nach dem Vorbilde dieser Manufacture entstanden überall, wo ein Zentrum des Konsums von Luxusmöbeln war, kapitalistische Kunsttischlereien. In Frankreich selbst haben wir in dem berühmten Unternehmen des Charles Boule wohl das erste Beispiel einer vollendeten Kunstmöbelmanufaktur.

Nach diesen Beispielen gehen wir zum Schluss dieser Betrachtungen noch den Gründen nach, die dieser in weitem Umfang einheitlichen Entwickelung der gewerblichen Produktion zu Grunde liegen. Welches ist der Grund, weshalb sich hier das Handwerk erhält, dort durch eine kapitalistische Organisation ersetzt wird? Meiner Ansicht nach liegt der entscheidende Grund in der Ausweitung des Luxuskonsums; die namhaft gemachten Gewerbe fallen deshalb dem Kapitalismus anheim, weil es Luxusindustrien sind. Die Gründe, die ein Luxusgewerbe eher geeignet machen für eine kapitalistische Organisation, liegen:

1. in der Natur des Produktionsprozesses. Fast immer erheischt ein Luxusgut einen kostbaren Rohstoff, der häufig aus der Ferne bezogen werden muss, also Bevorteilung des reicheren und des kaufmännisch gebildeten Mannes. Meist ist aber auch das Verfahren, mittels dessen ein Luxusgut hergestellt wird, kostspieliger und komplizierter als das, mit dem das ordinäre Gut verfertigt wird. Das Verfahren setzt mehr Kenntnisse, mehr Überblick, mehr Dispositionstalent voraus.

2. liegen die Gründe in der Natur des Absatzes. Der Absatz von Luxusgütern ist offenbar grösseren Kojunkturschwankungen unterworfen als der von Massengebrauchsartikeln. Der rasche Wechsel der Launen der reichen Leute, bei denen während der frühkapitalistischen Epoche die Mode den Geschmack zu beherrschen anfängt, heischt vom Produzenten eine starke Versatilität des Geistes, wenn er seine Produktion immer wieder den neuen Anforderungen anpassen soll. Dazu ist nun aber die kapitalistische Organisation viel

eher als das Handwerk im stande. Zu diesen allgemeinen Gründen kommt nun

3. der historische Grund, dass alle Luxusindustrien während des europäischen Mittelalters künstlich geschaffen worden sind entweder von den Fürsten oder von unternehmungslustigen Fremden. Alle diese Industrien erhalten aber von vornherein rationales Gepräge. Sie entstehen meist ausserhalb der alten zünftlerischen Schranken und oft im Gegensatz zu den altein gewurzelten Interessen der ortsangesessenen Handwerker.

Aber die wichtigste Vorbedingung, die erfüllt sein musste, damit dieses Wirtschaftssystem bestehen konnte, war doch ein seinem Wesen gemässer Absatz. Da nun

4. die andere Möglichkeit eines grossen Absatzes, der Massenabsatz von minderwertigen Gütern oder der Absatz grosser zusammengesetzter Güter, sich meist erst viel später einstellte, so blieb dem nach Verwandlung in Kapital strebenden Geldvermögen nur die Anlage in Luxusgewerben übrig.

Berlin, Universität.

Werner Sombart

RECENSIONI - COMPTES RENDUS
REFERATE - BOOK REVIEWS

GEORGE-BRUCE HALSTED - *Géométrie rationnelle. Traité élémentaire de la science de l'espace.* Trad. franç. de l'anglais par Paul Barbarin. Un vol. in-8, de IV-296 pages, avec 184 figures. A. Gauthier-Villars, éd., Paris, 1912.

TH. CARONNET - *Cours de Trigonométrie.* Un vol. in-8, de IV-217 pages, avec 111 figures dans le texte. A. Gauthier-Villars, éd., Paris, 1912.

Le premier de ces deux ouvrages est la traduction du traité bien connu dans lequel Halsted s'est proposé de vulgariser, jusqu'à les mettre à la portée de l'enseignement secondaire, les recherches classiques de Hilbert sur les fondements de la géométrie. Aussi ce livre mérite-t-il d'être connu et étudié, ne serait-ce qu'à cause de l'originalité et de l'ingéniosité admirables des recherches de Hilbert sur la théorie des proportions, de l'équivalence, etc.; mais à côté de chapitres et de démonstrations d'une exactitude irréprochable, ce livre renferme des lacunes bizarres.

La géométrie, rendue plus rigoureuse, est par cela même rendue plus simple, dit Halsted dans sa préface; et, en effet, le chapitre XI, consacré à la rectification de la circonférence et à la quadrature du cercle, n'occupe pas plus de *cinq* pages, dont une et demie consacrées à des notices historiques sur le nombre π. Mais le lecteur ne trouvera pas cette brièveté étonnante, lorsqu'il saura qu'elle est atteinte grâce à ce moyen très simple: « Nous admettons, dit Halsted, que l'on peut faire correspondre à tout arc mineur un segment, et un seul, plus grand que la corde, plus petit que la somme des segments des tangentes aux extrémités de l'arc, depuis ces extrémités jusqu'à leur point de rencontre, ce segment étant tel que, lorsque l'arc est partagé en deux autres, il est aussi la somme des segments qui correspondent aux parties de l'arc ».

Nous pouvons dire à peu près la même chose de la démonstration du théorème 29 de la page 11 et du théorème d'Euler.

Nous savons bien que le fait de renoncer à donner une démonstration ne constitue pas une erreur; mais, en premier lieu, il est bon que la démonstration soit supprimée, le cas échéant, par le professeur, et non par le livre et, en deuxième lieu, il est bizarre, ainsi que nous l'avons dit, de trouver des lacunes de ce genre dans un traité qui s'astreint, en suivant les traces de Hilbert, à des développements plutôt longs, pour arriver, comme le dit Halsted, « à mesurer le *contenu*, sans supposer que ce contenu soit une grandeur ».

Ces quelques réserves faites, nous répétons que l'importance des recherches de Hilbert est de nature à nous faire souhaiter la diffusion aussi large que possible de ce traité, dans lequel ne manquent pas des démonstrations remarquables par la simplicité et par l'élégance et que nous devons à Halsted.

⁂

Le deuxième ouvrage est un bon traité de trigonométrie rectiligne, où la recherche de l'exactitude des déductions ne nuit pas à celle de l'élégance dans l'exposé et dans le choix des exemples destinés à illustrer les théories. Mais il y a un défaut qui est aujourd'hui commun à un trop grand nombre de manuels: il ne renferme rien de plus ni rien de moins que ce qui est strictement conforme aux exigences des programmes. Étant données les matières traitées, le nombre des pages dépasse largement le nécessaire: mais cette ampleur s'explique par la quantité des applications et des développements qui s'y rapportent; le livre reste strictement confiné aux questions trigonométriques les plus élémentaires. C'est ainsi par exemple que la solution de l'équation

$$a \sin x + b \cos x = c$$

est donnée d'après *quatre* méthodes différentes et comporte *six* pages de considérations.

Nous ne nous arrêterions pas à ce détail, si nous n'y voyions pas l'occasion de formuler une observation d'ordre général. Sans parler du fait qu'un manuel composé d'après des critères strictement et étroitement utilitaires n'est plus un livre éducatif (et ce qui le prouve, c'est le peu d'amour que nourrissent pour ces livres les étudiants qui s'empressent de s'en défaire dès qu'il les ont... utilisés, c'est-à-dire dès qu'ils ont passé leurs examens), ces livres, dont l'ampleur est hors de proportion avec l'importance des matières traitées, sont en grande partie responsables des continuelles lamentations sur le surmenage intellectuel dans les écoles secondaires et

supérieures, lamentations qui constituent souvent une exagération ridicule. Grâce à ces livres, s'établit un cercle vicieux dont il est difficile de prévoir comment on en sortira: les programmes se simplifient, le livres faits conformément aux programmes, pour dire quelque chose, remplissent des pages avec des considérations de peu de valeur; et alors les dimensions des manuels font crier au surmenage. D'où nouvelle simplification des programmes, publication de nouveaux livres qui ne disent rien et fatiguent autant et ainsi de suite.

Cagliari, Università.

GAETANO SCORZA

THOMAS HEATH - *Aristarchus of Samos, the ancient Copernicus. A history of Greek Astronomy to Aristarchus together with Aristarchus's treatise on the sizes and distances of the sun and moon, a new greek text with translation and notes (Aristarque de Samos, le Copernic de l'antiquité. Histoire de l'astronomie grecque jusqu'à Aristarque, accompagnée du traité d'Aristarque sur les volumes et les distances du Soleil et de la Lune; nouveau texte grec avec introduction et notes).* Un vol. in-8, de VIII-426 pages. Clarendon Press, Oxford, 1913.

PHILIPP E. B. JOURDAIN - *The principle of least action (Le principe de la moindre action).* Un vol. in-8, de 84 pages. The Open Court Publishing Co., Chicago, 1913.

RINALDO PITONI - *Storia della fisica (Histoire de la physique).* Un vol. in-8, de 405 pages. Società Tipografico-Editrice Nazionale, Torino, 1913.

GUGLIELMO BILANCIONI - *Bartolomeo Eustachi.* Un vol. in-8 (de la Collection: *Vita dei medici e naturalisti celebri,* N. 1.), de 80 pages. Istituto Micrografico Italiano, Firenze, 1913.

AL. CL. CLAIRAUT - *Theorie der Erdgestalt nach den Gesetzen der Hydrostatik (Théorie de la figure de la Terre, tirée des principes de l'Hydrostatique).* herausgegeben von Ph. E. B. Jourdain und A. v. Oettingen. « Ostwald's Klassiker, N. 189 ». Un vol. in-8, de 162 pages. W. Engelmann, Leipzig, 1913.

Sir Thomas Heath, l'éminent traducteur anglais d'Archimède et d'autres textes scientifiques grecs, le savant qui cultive avec passion l'histoire des disciplines mathématiques dans l'antiquité, apporte avec cette dernière et très précieuse publication une contribution importante à l'étude du développement de la pensée scientifique. On doit chercher l'origine de cette publication dans le désir qu'avait l'auteur de présenter au public anglais la traduction de l'unique ouvrage d'Aristarchos de Samos, parvenu jusqu'à nous: le *περὶ μεγέθων καὶ ἀποστημάτων ἡλίου καὶ σελήνης.* Cette tâche qu'il s'était posée, le savant anglais l'a remplie parfaitement par la publication du texte grec, soumis à une revision critique, par la traduction de

ce texte placée à côté et par un double groupe de notes, les unes de caractère philologique, les autres de caractère scientifique. Mais on sait qu'Aristarchos n'est pas seulement le célèbre géomètre qui a mesuré la distance séparant le Soleil et la Lune de la Terre et trouvé les chiffres exprimant la grandeur de ces astres. Aristarchos mérite encore davantage l'attention des savants, parce qu'il a réussi à établir, à une époque postérieure à celle où il écrivit l'unique traité que nous possédions de lui, un système héliocentrique complet, précurseur lointain, après un silence ayant duré des milliers d'années, du système de Copernic. C'est pourquoi le savant, qui a mis tant d'amour à traduire le traité *Sur la grandeur et la distance du Soleil et de la Lune,* était-il tout naturellement porté a envisager également l'astronome grec sous son aspect le plus intéressant et à rechercher la nature et l'origine véritables du système qu'il défendait. De cette recherche est né un long essai (pp. 1-350) qui dépasse de beaucoup le noyau primitif de l'ouvrage, c'est-à-dire le texte et la traduction du traité qui nous reste (pp. 351-414).

Dans la première partie de son ouvrage (pp. 1-297), l'auteur examine d'une façon détaillée l'histoire de l'astronomie grecque, depuis ses premières origines jusqu'au système géocentrique qu'avait admis Aristote et à l'intéressant système de Herakleides de Pontos qui, se rattachant, d'un côté, au système connu sous le nom de Philolaos, prélude immédiatement, d'un autre côté, à celui, plus complet, d'Aristarchos. Chacun des dix-neuf chapitres est consacré à un savant ou à un groupe de savants qui se rapprochent par leurs idées, et contient, en plus d'une partie synthétique et critique, une ample documentation, en rapportant copieusement, dans leur version anglaise, les textes où se trouvent des notices sur lesquelles nous pouvons fonder avec certitude l'histoire de l'astronomie antique. Le dernier chapitre traite des mois, des années et des cycles chez les Grecs.

La deuxième partie s'occupe directement d'Aristarchos de Samos. Le premier chapitre (pp. 299-316) nous retrace sa figure et examine à fond son œuvre scientifique; le deuxième (pp. 317-327) parle du texte et des éditions du traité qui nous reste; le troisième (pp. 328-336) en examine le contenu; le quatrième enfin (pp. 337-350) passe en revue les corrections qui ont été apportées aux calculs du grand samien à une époque postérieure de la science grecque. Vient ensuite, ainsi que nous l'avons dit, le texte du traité (pp. 351-411) auquel se trouve annexée la version du commentaire de Pappos qui s'y rapporte (pp. 412-414). Le volume se termine par un index alphabétique ample et soigné.

Le nom de Sir Thomas Heath est une garantie suffisante aussi bien du caractère sérieux et de la valeur de la longue partie historique que du soin avec lequel a été reproduit le texte et de l'exac-

titude de la traduction. Celle-ci, placée en face de l'original, a pu (et c'est ce qu'elle a fait) s'affranchir utilement des brides de la traduction littérale, souvent plus infidèle, pour reproduire la pensée de l'auteur avec la plus grande exactitude et dans le langage moderne. Aussi ne nous attarderons-nous pas à louer l'ouvrage à ce point de vue. Quant aux opinions particulières émises par M. Heath, il est évident que les hypothèses acceptées par lui et les jugements qu'il porte sur certaines sources peuvent parfois être combattues ou provoquer des opinions différentes. L'énorme quantité de faits réunis dans le volume rend même ce travail nécessaire. Mais on conviendra qu'il est impossible, dans un bref compte-rendu, d'examiner séparément les différents points susceptibles d'être soumis à la discussion et dont chacun exigerait une vaste monographie.

Mais ce qu'on peut affirmer d'ores et déjà, c'est que le livre de M. Th. Heath est un livre capital qu'aucun de ceux qui s'occupent de l'astronomie grecque n'aura le droit de négliger, et que, par sa nature, il formera un texte permanent et non destiné à périr, alors même que de nouvelles découvertes et de nouvelles opinions viendront enrichir notre connaissance et notre compréhension de la science antique.



L'opuscule de Philipp E. B. Jourdain s'occupe d'un sujet spécial. Il renferme la réimpression de trois articles publiés dans « Monist » en 1912 et 1913. Ces articles sont intitulés: *Maupertuis and the Principle of Least Action; Remarks on some Passages in Mach's Mechanics; The Nature and Validity of the Principle of Least Action.* Cette succession d'articles forme une étude intéressante de ce principe de la moindre action qui a été établi sur une base métaphysique par Maupertuis (1698-1759) et qui a provoqué des discussions, des commentaires et des travaux par Euler, Dom. Bernoulli, König, d'Arcy, L. Bertrand, etc. On sait que ce principe postule que le Créateur, sage et prévoyant, lorsqu'il dépense son énergie, le fait de façon à obtenir le plus grand effet avec le minimum de dépense. Maupertuis a appliqué ce principe, pour trouver les lois du lévier, du choc de corps élastiques, de la réfraction et de la réflexion de la lumière, etc. Indépendamment de ses résultats physiques, ce principe a eu le grand mérite d'attirer l'attention sur les problèmes très importants du maximum et du minimum. M. Jourdain a examiné minutieusement l'histoire de ce principe, et il l'a fait en recourant aux sources originales, ce qui lui a permis de corriger beaucoup d'idées erronées sur ce sujet. Enfin le principe lui-même se trouve soumis a une analyse critique et historique approfondie.

⁂

La *Storia della fisica,* par M. Rinaldo Pitoni, fait partie d'une série de volumes de *Storia delle scienze,* publiée par la S. T. E. N. Ont déjà paru, antérieurement au volume que nous citons: la *Storia della chimica,* par Sir Ed. Thorpe, traduite en italien par le même M. Pitoni, et une *Storia popolare dell'astronomia,* par M. Ottavio Zanotti Bianco, que je ne trouve pas trop bien réussie.

En compilant le présent volume, M. Pitoni, qui est connu comme auteur d'un excellent manuel de physique à l'usage des lycées, a été obligé, pour satisfaire aux exigences éditoriales, de réduire au quart un travail primitif plus étendu qu'il avait préparé avec amour. Mais, même sous cette forme condensée, le livre ne perd rien de son intérêt et pourra être lu avec grand profit par des jeunes gens qui ont besoin d'acquérir une culture historique, même discrète. La partie consacrée à l'époque qui s'étend de Galilée à nos jours présente en effet d'une façon claire et détaillée l'histoire des découvertes qui sont étudiées, en suivant d'autres méthodes, dans différents cours secondaires.

Tout en rendant hommage à l'ensemble du livre, je dois pourtant faire des réserves importantes sur le critère d'appréciation qui guide l'auteur dans son exposé de la physique antique, de la physique médiévale et de celle qui va de la Renaissance à Galilée. L'auteur professe en effet l'idée préconçue que la science commence seulement avec Galilée et, bien qu'il ne le dise pas explicitement, je le crois fermement convaincu que tout ce qui a précédé le grand Pisan n'a été, du moins en ce qui concerne les questions physiques, qu'une simple aberration de l'esprit. Cette manière de voir de M. Pitoni, qui contribue aussi à rendre plus incertain l'exposé de la première partie, n'est d'ailleurs pas isolée. Elle est partagée par un grand nombre de personnes parmi lesquelles se trouvent, presque sans exception, tous ceux qui négligent l'étude de l'histoire des sciences. Et, pourtant, une pareille conception est foncièrement erronée, et cela à beaucoup de points de vue. Je m'y suis opposé plus d'une fois, et elle se trouve aussi continuellement infirmée par des travaux récents, par des découvertes nouvelles et par une meilleure appréciation des ouvrages antiques. Qu'il me soit permis ici de renvoyer, en particulier, à mon *Prologue sur l'état et le développement, au début du XVIe siècle, de quelques disciplines qui ont concouru à déterminer la nature et le caractère de l'œuvre de Biringuccio,* qui se trouve en tête de la nouvelle édition de Biringuccio, publiée par mes soins *(Classici delle scienze e della filosofia)*; à mon article *Sur le réveil de la pratique et de la méthode expérimentales et sur l'œuvre de Vannoccio Biringuccio* (« Gazzetta chimica », XLIII, 1913, II,

p. 555) et à différents autres articles et comptes-rendus que j'ai publiés dans cette Revue, dans « Rivista di Filosofia », dans « Isis », etc., où j'ai, il est vrai, traité la question d'une façon indirecte et incomplète, me réservant de lui consacrer dans la suite une étude spéciale.

Mais notons tout de suite que la question se subdivise en plusieurs parties. L'une d'elles consiste dans l'appréciation de l'ancienne science grecque qui, en fait, n'est pas une création arbitraire de philosophes, ainsi que certains le prétendent, mais l'œuvre consciencieuse et admirable de naturalistes aux prises avec les difficultés énormes de la création première d'une ébauche de science sur laquelle devaient s'exercer les corrections et les amplifications ultérieures. [On pourra consulter sur ce sujet mes deux articles: *La théorie de la substance chez les présocratiques grecs,* publiés dans « Scientia », XIV (1913), pp. 165 et 329]. A cette étude se rattache une conception plus ample et plus juste de l'évolution scientifique; conception d'après laquelle on ne doit pas, dans une étude vraiment sérieuse et scientifique, mesurer les théories antiques avec un critère absolu, en les confrontant tout simplement avec la science actuelle, considérée comme absolue et infaillible; à ce compte-là, Galilée et Newton eux-mêmes ne soutiendraient pas la comparaison avec le plus médiocre savant de nos jours. On doit, au contraire, considérer la science du passé, en la replaçant dans son milieu, et sa valeur à un moment donné se mesure par l'intensité et la direction des efforts qui tendent à lui imprimer une vitesse et une direction différentes de ce qu'elles étaient à l'instant précédent. On renoncera alors au procédé commode et expéditif qui consiste à mettre dans deux colonnes se faisant face, d'une part les propositions mécaniques d'Aristote, d'autre part celles, tout à fait contraires, de Galilée, pour dire qu'Aristote ne vaut rien; on devra au contraire reconnaître dans le Stagirite un génie qui a plus fait pour le progrès et l'organisation de la science que tant d'autres savants qui sont eux aussi considérés, et à juste titre, comme des génies.

Une deuxième partie de la question que nous examinons a trait à une connaissance meilleure da la science du moyen-âge et de la Renaissance. A cette partie se rattache étroitement la question des *précurseurs de Galilée,* question que beaucoup voient d'un mauvais œil, comme si c'était porter offense à ce grand que de le replacer dans l'ordre de la nature et de reconnaître en lui un membre particulièrement notable d'une longue suite de savants. J'estime que cette opinion est plutôt de nature à nuire à Galilée qu'à servir à sa gloire, parce qu'elle tendrait à faire croire que la reconnaissance inévitable de ses précurseurs serait une cause de diminution pour

le grand Pisan. Et la série de précurseurs ne peut être mise en doute. Il suffit de lire sérieusement le dernier livre très intéressant de M. Pierre Duhem *(Études sur Léonard de Vinci;* troisième série: *Les précurseurs parisiens de Galilée,* Paris, 1913) pour se voir obligé de reconnaître le fait. Tout en ne croyant pas devoir remercier Dieu, ainsi que le fait M. Duhem, de ce que certains des admirables concepts de la mécanique sont nés dans un milieu d'orthodoxie catholique, et en conservant notre attitude complètement dépourvue de préjugés à l'égard de toute question religieuse, nous nous faisons pourtant un devoir, en ce qui nous concerne, d'enregistrer parmi les faits acquis à l'histoire, bien que prêtant à des appréciations diverses, ceux que vient de nous fournir, avec une documentation exacte, l'éminent professeur de physique mathématique à l'Université de Bordeaux.

***

Le petit volume de M. Guglielmo Bilancioni ouvre une nouvelle collection des *Vies de médecins et naturalistes célèbres,* publiée sous les auspices de la *Società Italiana di storia critica della medicina e delle scienze naturali* et dirigée par le professeur Andrea Corsini, de Firenze. Cette collection fournit une preuve de plus de la faveur croissante dont jouissent les études historiques, faveur que nous avons déjà, à plusieurs reprises, notée avec plaisir. Et ces petits volumes, d'un prix modique (1 franc), d'un format de poche et agréable, ornés de nombreuses illustrations, seront, nous en sommes convaincus, bien accueillis par le public lettré et nous leur prédisons un plein et heureux succès.

Dans ce premier volume, M. Guglielmo Bilancioni, qui est un des meilleurs connaisseurs italiens actuels de l'histoire de la médecine, retrace en quelques pages substantielles la vie de Bartolommeo Eustachi, ainsi que la signification et l'importance de son œuvre. Une abondante bibliographie placée à la fin permet facilement de recourir aux sources et à des ouvrages plus étendus et plus particuliers.

***

En même temps que paraissent de nouvelles collections de classiques scientifiques, la vieille collection *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften,* bien connue dans le monde des savants, ne cesse de s'enrichir de volumes nouveaux et intéressants. Le 189ème nous apporte une traduction allemande de la *Théorie de la figure de la Terre, tirée des principes de l'hydrostatique,* par Alexis Claude Clairaut (1713-1765), parus primitivement à Paris en 1743. Clairaut

reprend dans son travail la question de la forme de la Terre considérée comme un liquide, question qui a déjà été examinée sous certains rapports, mais d'une façon incomplète, par Newton et Huygens. Considérant que si un liquide est en équilibre, il est nécessaire qu'il le soit dans un canal quelconque qu'on envisage dans son intérieur (en pensant le reste de la masse comme étant solidifié), et plus particulièrement dans quelque canal clos de toutes parts, Clairaut arrive à ce résultat intéressant que pour que cela puisse se produire, il ne suffit ni des conditions posées par Newton (que la pression exercée sur le centre de toutes les colonnes du liquide soit partout la même) ni de celles de Huygens (que la direction des forces agissant sur chaque élément de la surface soit normale à celle-ci), mais qu'il est nécessaire que les composantes des forces selon les trois axes coordonnés respectifs puissent s'exprimer par:

$$X = \frac{\partial U}{\partial x}, \; Y = \frac{\partial U}{\partial y}, \; Z = \frac{\partial U}{\partial z},$$

où U est une fonction des coordonnées. Il parvint ainsi à établir le concept de ce qui a été appelé plus tard le potentiel ou la fonction potentielle. On sait aussi que dans son travail réédité dans cette collection, Clairaut établit le théorème qui porte son nom et à l'aide duquel on arrive à calculer les variations que la force de gravité subit en différents points de la surface terrestre, en raison de la figure ellipsoïdale de la Terre. Pour ce qui est du travail de Clairaut, il me plaît de rappeler ici le jugement de Laplace (*Mécanique Céleste,* t. V, p. 7): « L'importance de tous ces résultats et l'élégance avec laquelle ils sont présentés, placent cet ouvrage au rang des plus belles productions mathématiques ».

Roma, Università.

ALDO MIELI

R. BLONDLOT - *Einführung in die Thermodynamik. Mit Zusätzen und Verbesserungen des Autors versehene deutsche Ausgabe, besorgt von Carl Schorr und Friedrich Platschek (Introduction à la thermodynamique. Édition allemande de Carl Schorr et Friedrich Platschek, avec additions et corrections de l'auteur).* Un vol. in-12 de VIII-102 pages. Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden, 1912.

PIERRE DUHEM - *Thermodynamique et Chimie. Leçons élémentaires.* Un vol. in-8, de XII-579 pages, avec 173 figures dans le texte. Librairie Scientifique de A. Hermann et Fils, éd., Paris, 1910.

MAX PLANCK - *Leçons de Thermodynamique, avec une conférence du même auteur sur « Le théorème de Nernst et l'hypothèse des quanta ».* Traduit

par R. Chevassus. Un vol. in-8, de 113 pages. Librairie Scientifique de A. Hermann et Fils, éd., Paris, 1913.

MAX PLANCK - *Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung (Leçons sur la théorie du rayonnement calorique).* Un vol. in-8, de x-206 pages. Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1913.

KARL JELLINEK - *Physikalische Chemie der homogenen und heterogenen Gasreaktionen unter besonderer Berücksichtigung der Strahlungs- und Quanten-Lehre, sowie des Nernst'schen Theorems (Chimie physique des réactions gazeuses homogènes et hétérogènes, avec référence spéciale à la théorie du rayonnement et des quanta et au théorème de Nernst).* Un vol. in-8, de XIV-844 pages, avec 221 figures dans le texte et 104 planches. Verlag von S. Hirzel, Leipzig, 1913.

Dans la thermodynamique, c'est-à-dire dans cette branche de la recherche mathématico-physique qui peut être définie brièvement comme l'étude de l'énergie et de ses transformations, on peut distinguer deux périodes principales: la période de la thermodynamique classique, à laquelle sont attachés les noms de R. J. Mayer, H. Helmholtz, S. Carnot et R. Clausius, et la période de la thermodynamique moderne, marquée surtout par les noms de M. Planck et de W. Nernst. La thermodynamique classique s'appuie principalement sur les deux « lois fondamentales »: celle de la conservation de l'énergie et celle de l'entropie. La thermodynamique moderne nous conduit, dans son rapide développement, à travers la théorie dite des quanta, à la découverte fondamentale de Nernst, qu'il n'existe pas de processus se déroulant dans des dimensions finies à l'aide duquel un système de corps puisse être refroidi jusqu'au point zéro absolu de la température.

La thermodynamique elle-même forme une branche des sciences naturelles, en ce sens que ses principes fondamentaux ne sont pas, ainsi que Planck y a de nouveau insisté tout récemment, des vérités *a priori,* mais des faits d'expérience, sujets à chaque instant au contrôle expérimental, et le développement moderne de la thermodynamique nous conduit de plus en plus à n'attribuer, par exemple, à la deuxième loi fondamentale, celle de l'entropie, qu'une validité limitée. Bien que les principes fondamentaux de la thermodynamique, auxquels certains sont portés à attribuer une certitude apriorique, partagent ainsi l'imperfection et la limitation foncières de toutes les autres théories scientifiques (ne voit-on pas par exemple des savants sérieux hésiter, dans leurs recherches sur la structure de l'Univers, à accepter comme allant de soi la validité du principe de la conservation de l'énergie et à en tirer des conséquences quelconques?), ils n'en constituent pas moins, au milieu de toutes les théories scientifiques que l'homme a édifiées jusqu'à ce jour, la base de beaucoup la plus certaine et la plus compréhensive, sinon la base unique et universelle des sciences naturelles. C'est pour-

quoi il apparaît qu'une des tâches le plus importantes de la science exacte, tâche dont la solution se heurte dans la pratique à des difficultés extrêmement grandes et n'est même pas encore réalisable dans la plupart des cas, consiste dans l'application de la thermodynamique à des problèmes spéciaux.

On s'explique, dans ces conditions, que le nombre de livres, surtout de livres didactiques, qui s'occupent de la thermodynamique et de ses applications soit si grand, tellement grand que celui qui commence seulement à se livrer à des études thermodynamiques, se trouve souvent très embarrassé dans son choix. Nous ne pouvons que recommander au débutant le petit livre de M. Blondlot, écrit avec beaucoup de clarté et une grande précision: ce livre constitue la meilleure des introductions à la thermodynamique classique que nous possédions actuellement et peut être compris sans grandes connaissances préalables.



L'ouvrage de M. Duhem qui expose, d'une part, d'une façon claire et compréhensible les bases de la thermodynamique et traite, d'autre part (et c'est là d'ailleurs le but principal du livre), de ses rapports avec un de ses principaux domaines d'application, la thermochimie, est, lui aussi, conçu uniquement dans l'esprit de la thermodynamique classique. Mais un fait qui ne présente aucun inconvénient dans le petit livre de M. Blondlot, apparaît comme une assez grave lacune dans le volumineux traité de M. Duhem: le théorème de Nernst, qui a précisément obtenu ses premiers grands succès dans son application aux problèmes de la chimie n'est pas du tout traité par cet auteur, et le nom même de Nernst n'est pas mentionné une seule fois au cours de son ouvrage. Mais abstraction faite de cette lacune, on doit reconnaître que l'ouvrage de M. Duhem donne de la question annoncée dans son titre: *Thermodynamique et Chimie,* un exposé excellent et consciencieux que le lecteur consultera avec le plus grand profit. Tout ce qu'un lecteur allemand trouvera peut-être à reprocher à l'auteur, c'est d'avoir accordé, dans le choix des matières, et surtout dans les sections relatives à l'application de la thermodynamique à la chimie, une préférence quelque peu partiale aux auteurs français.



Les deux livres de Planck, et tout particulièrement le deuxième, *Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung,* imposent au lecteur un effort intellectuel beaucoup plus intense que celui exigé par les ouvrages de MM. Blondlot et Duhem dont nous venons

de parler. Les leçons sur la thermodynamique, dont l'original allemand en est déjà à sa troisième édition (la première édition allemande a paru en 1897, la deuxième en 1905 et la traduction française est faite d'après la troisième publiée en 1910), donnent une excellente idée d'ensemble des contributions de Planck à la thermodynamique et de la place qui leur revient dans le cadre général de cette branche dont ce livre contient un exposé complet. Une introduction générale, destinée à familiariser le lecteur avec les faits et les définitions fondamentaux, est suivie de deux grandes sections principales où se trouvent exposés la signification et le rôle des deux principes fondamentaux, et d'une troisième qui traite d'une façon approfondie, tout en s'en tenant aux généralités, de l'application de la thermodynamique à des états d'équilibre spéciaux. Dans le dernier chapitre de la troisième section principale l'auteur discute, en se rattachant au théorème de Nernst, la question de la valeur absolue de l'entropie, question que la thermodynamique classique laisse, on le sait, sans réponse; et comme cette discussion ne pouvait utiliser que les faits obtenus avant 1910, M. Chevassus a eu l'heureuse idée d'annexer à l'ouvrage une traduction de la belle conférence que Planck a faite le 16 décembre 1911 à Berlin, devant la Société Allemande de Chimie, et dont il a été rendu compte ici même (voir « Scientia », XII, p. 292; 1912).

Les *Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung* de Planck ne constituent pas seulement un ouvrage d'un haut intérêt scientifique, mais présentent en outre un intérêt très actuel. Lorsque parut, en 1905, la première édition de cet ouvrage, la formule du rayonnement de Planck était encore sujette à discussion, en ce sens que la valeur du quantum électrique élémentaire, déduite par lui, à savoir $4{,}69 . 10^{-11}$ unités électrostatiques absolues, ne concordait pas bien avec la valeur $6{,}5 . 10^{-10}$, considérée alors comme certaine, que J. J. Thomson avait déduite de ses expériences géniales. Le perfectionnement extraordinaire des méthodes de mesure, qui a été obtenu depuis, à la suite des travaux extraordinaires de Perrin, Millikan et autres, a considérablement amélioré la situation; et on peut dire qu'à mesure que les méthodes appliquées à la détermination expérimentale de la valeur numérique du quantum électrique élémentaire devenaient plus précises et moins sujettes à erreur, et plus les résultats des expériences se rapprochaient de la valeur calculée d'après la formule de Planck. Et les mesures systématiques extrêmement minutieuses qui ont été exécutées au cours de ces dernières années dans l'Institut Physico-Technique Impérial, ont elles aussi confirmé sous tous les rapports la formule du rayonnement de Planck.

Or, cette formule de Planck repose sur la théorie dite des quanta, c'est-à-dire sur cette proposition « que la probabilité ther-

modynamique d'un état physique représente un nombre entier déterminé ou, ce qui revient au même, que l'entropie de l'état possède une valeur déterminée, positive, qui devient zéro au minimum, tandis que, d'après la thermodynamique classique, la diminution de l'entropie n'avait pas de limites et pouvait aller jusqu'à l'infini négatif ». Cette proposition, qui renferme aussi le théorème de chaleur de Nernst, Planck la désigne « comme le noyau proprement dit de l'hypothèse des quanta ». Certes, d'après la théorie des quanta, l'oscillateur absorbe d'une façon continue de l'énergie, ainsi que l'exige la thermodynamique classique, mais l'émission de l'énergie, au lieu d'être elle aussi continue, est discontinue, sous la forme de ce qu'on appelle les « quanta », supposition que Planck a réussi à rendre intelligible au point de vue physique dans un très beau travail paru il y a quelque temps dans les Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Berlin.



Celui qui, dépourvu des connaissances préalables nécessaires, n'a pas suivi le développement de la nouvelle théorie thermodynamique au cours de ces dernières années, se heurtera naturellement au début à des difficultés considérables, lorsqu'il voudra s'initier à cette théorie. L'ouvrage de M. Jellinek est précisément de nature à permettre à ce lecteur peu initié de vaincre assez facilement les premières difficultés. Avec une compétence très grande et une habileté pédagogique de premier ordre, il donne un exposé d'ensemble de la théorie du rayonnement et des quanta et du théorème de Nernst, dans leur application au domaine si important de la chimie physique des réactions gazeuses, en insistant tout particulièrement sur les difficultés théoriques qui attendent le débutant et en discutant avec soin tous les malentendus possibles. La partie principale du livre est consacrée à la « Statique des réactions gazeuses » (pp. 1-711). Dans la section théorique de cette partie l'auteur discute en premier lieu les deux principes fondamentaux de la thermodynamique classique, après quoi il traite de la statique des réactions gazeuses dans les systèmes homogènes et hétérogènes, d'abord à l'aide de processus circulaires concrets et réversibles, ensuite à l'aide de l'entropie et des fonctions du potentiel thermodynamique et de l'énergie libre qui en sont déduites. Il expose ensuite la théorie du rayonnement thermique et son rapport avec la théorie des chaleurs spécifiques, des chaleurs des réactions chimiques, de la température et de la proposition thermique de Nernst. Les notions théoriques ainsi obtenues dans la partie expérimentale sont ensuite appliquées aux données spéciales de la recherche expérimentale. La partie principale est suivie de trois chapitres plus

brefs, mais non moins importants, qui renseignent le lecteur sur l'état actuel de la cinétique, de l'électrochimie et de la photochimie des réactions gazeuses. Ce volumineux ouvrage de M. Jellinek contribuera beaucoup à la diffusion et à l'application aux problèmes de la pratique des nouvelles connaissances élaborées par la thermodynamique.

Clausthal i. H., Bergakademie.

WERNER MECKLENBURG

Handwörterbuch der Naturwissenschaften (Dictionnaire des Sciences Naturelles), édité par Prof. Dr. KORSCHELT (Marburg), Prof. Dr. LINK (Jena), Prof. Dr. OLTMANNS (Freiburg), Prof. Dr. SCHAUM (Lippe), Prof. Dr. SIMON (Göttingen), Prof. Dr. VERWORN (Bonn) et Dr. TEICHMANN (Frankfurt a. M.). G. Fischer, Jena, 1912. Prix du volume broché 20 Marks, relié 23 Marks. (Se vend aussi en 80 livraisons, à 2,50 M. chaque).

Rien n'atteste mieux que la publication de ce dictionnaire le changement profond qui s'est produit dans les sciences naturelles au cours de ces dernières années. Il y a un peu plus de 15 ans, la seule idée de la nécessité d'une pareille encyclopédie de l'ensemble des sciences naturelles aurait été repoussée par la plupart des savants comme un projet insensé. C'est que la spécialisation la plus rigoureuse était considérée alors comme la tâche principale de la recherche scientifique, et toute tendance à réunir les branches spéciales souvent divergentes était, de même que l'intérêt pour les problèmes généraux de la philosophie naturelle, sévèrement blâmée et apparaissait comme dépourvu de tout caractère scientifique. Il est juste de dire que c'est la philosophie elle-même qui était la principale coupable de cet état de choses peu réjouissant, la philosophie qui n'abandonnait que trop souvent le terrain de l'expérience, pour courir après des chimères inconsistantes et se lancer dans des spéculations sans fin, sans parler de sa prétention de dicter ses ordres aux sciences particulières. Cette attitude eut pour effet de pousser les partisans du camp adverse dans l'extrême opposé, qui consistait à renoncer à tout travail philosophique, à fuir toute discussion portant sur des problèmes généraux et à se confiner dans la spécialisation à outrance.

Que les choses ont changé depuis! Des naturalistes éminents ont publié, au cours de ces dernières années, un grand nombre d'ouvrages dans lesquels ils s'appliquent, et souvent pour le plus grand profit des sciences naturelles, à relier de nouveau les unes aux autres les disciplines les plus diverses et à élucider de nombreuses questions d'un caractère général. On se sent de nouveau

le courage de philosopher! C'est ce qui est attesté aussi par la publication du « Dictionnaire des Sciences Naturelles », pour la composition duquel plus de 300 naturalistes allemands (parmi lesquels on trouve des noms d'une notoriété universelle) ont réuni leurs efforts.

Cet ouvrage doit en effet sa naissance principalement à des besoins philosophiques: s'il veut de nouveau rapprocher les unes des autres les branches particulières des sciences naturelles, c'est parce que le naturaliste a fini par « se rendre compte qu'il lui est indispensable de posséder une connaissance de toutes les autres domaines de la vie aux aspects si multiples ». Et il sert directement à des fins philosophiques par son intention de donner « une idée d'ensemble du savoir scientifique du temps présent ». Le caractère fondamentalement philosophique de l'ouvrage ressort aussi de ce fait que des questions communes à plusieurs branches particulières des sciences naturelles sont traitées à un point de vue *commun*, et des dimensions que présentent ces articles d'ordre général.

En caractérisant ce Dictionnaire comme un ouvrage éminemment philosophique, nous n'entendons pas dire qu'il existe, entre les conceptions fondamentales des représentants des différentes disciplines, une unanimité s'étendant *jusqu'aux moindres détails*. Une pareille unanimité se réalise déjà difficilement entre des auteurs traitant différentes questions d'une seule et même branche spéciale; combien plus difficile ne doit pas être l'accord, lorsqu'il s'agit de l'*ensemble* des sciences naturelles! Et connaissant les difficultés à peu près insurmontables qui s'opposent encore de nos jours à la réalisation d'une pareille unité de vues et de conceptions dans un ouvrage de cette envergure, nous ne ferons pas à celui-ci le reproche immérité d'en manquer.

Mais nous signalerons comme un défaut manifeste de l'ouvrage, même comme une preuve de l'absence de tout système, ce fait curieux que les vocables empruntés au domaine de la psychologie sont traités tantôt uniquement au point de vue du physiologiste (neurobiologiste), tantôt exclusivement au point de vue de la psychologie expérimentale. Sous ce rapport, on aurait pu observer un peu plus d'unité. Cherchons, par exemple, le vocable *penser:* nous trouvons qu'on a réuni d'une façon excellente, pour l'explication de cette notion, tout ce que la psychologie expérimentale a fait pour l'analyse des processus intellectuels. Mais, en revanche, nous ne trouvons pas la moindre mention des faits et théories, non moins importants pour l'explication des processus intellectuels, qui ont été établis de nos jours par l'anatomie du cerveau, par la physiologie du cerveau, etc., pas un mot des bases anatomo-physiologiques des processus intellectuels.

Pour apprécier cet imposant ouvrage dans son ensemble et dans son idée fondamentale, nous dirons que, pénétrée de l'idée de l'interdépendance des branches spéciales des sciences naturelles et de la conviction que les sciences naturelles forment un ensemble pour ainsi dire indivisible, il constitue non seulement un ouvrage de documentation scientifique, destiné à fournir des informations sur chaque spécialité, mais aussi une grande encyclopédie de philosophie scientifique, d'un genre particulier, encore inconnu. C'est un ouvrage qui, *par sa seule existence,* pourra, devra même contraindre le savant enfermé dans sa spécialité, à jeter de temps à autre les yeux au-delà des bornes étroites de son domaine particulier et à orienter ses recherches dans une direction conforme aux fins de la recherche totale.

Friedrichshagen (*Berlin*).

M. H. BAEGE

W. BATESON - ***Mendel's Principles of Heredity (Principes d'hérédité mendéliens).*** Un vol. de XIV-413 pages, avec 38 figures et 6 planches coloriées. University Press, Cambridge, 1913.

Comptes-Rendus et Rapports de la IVe Conférence Internationale de Génétique. Un vol. de x-569 pages, avec nombreuses figures. Publié par P. DE VILMORIN. Masson et C.ie, Paris, 1913.

L. PLATE - ***Vererbungslehre mit besonderer Berücksichtigung des Menschen (L'hérédité, avec référence spéciale à l'homme).*** Un vol. de XII-519 pages, avec 179 figures et 3 planches. W. Engelmann, Leipzig, 1913.

W. E. CASTLE, J. M. COULTER, C. B. DAVENPORT, E. M. EAST et W. L. TOWER - ***Heredity and Eugenics (Hérédité et Eugénique).*** Un vol. de VI-315 pages, avec 98 figures. The University of Chicago Press, 1912.

R. E. LLOYD - ***The Growth of Groups in the Animal Kingdom (Croissance de groupes dans le règne animal).*** Un vol. de VII-185 pages, avec 7 figures et 2 planches. Longmans Green and Co., London, 1912.

Cette troisième édition du manuel bien connu de M. Bateson constitue une réimpression des deux précédentes, mise à jour par l'addition d'appendices renfermant un bref exposé des découvertes mendéliennes les plus importantes, faites depuis 1909.

Le volume renferme, comme dans les éditions précédentes, un excellent exposé de la doctrine mendélienne, ainsi qu'une très intéressante notice biographique sur Mendel et une traduction de ses deux classiques mémoires sur l'hybridation des plantes. Le livre est très bien illustré à l'aide de nombreuses figures dans le texte et de six planches coloriées; il contient également trois portraits de Mendel.

L'ascendant extraordinaire que le mendélisme a acquis au cours

de cette dernière décade sur l'esprit des biologistes n'est peut-être pas bien surprenant, car, ainsi que M. Bateson le fait observer avec beaucoup de justesse, il nous fournit un instrument d'une valeur inappréciable pour l'analyse des compléxités inextricables de la transmission héréditaire. Les résultats expérimentaux acquis sous la direction des idées mendéliennes sont nouveaux et précieux, et constituent, à n'en pas douter, un progrès plus réel que la plupart des spéculations sur l'hérédité du siècle passé. Nous ne connaissons pas d'autre livre où le champ tout entier de la découverte mendélienne soit exploré avec plus de sagacité et une plus grande force de jugement que dans cet ouvrage de M. Bateson. Le chapitre XV, intitulé: *Conceptions biologiques à la lumière des découvertes mendéliennes* ne doit pas être ignoré par quiconque se livre à une étude sérieuse de l'hérédité.

L'impression générale que nous a laissée la lecture de ces pages est que la théorie mendélienne s'est considérablement compliquée, qu'à mesure que la connaissance de chaque cas faisait des progrès, son analyse génétique devenait plus embrouillée. Nous attachons un intérêt particulier à l'hypothèse « de la présence et de l'absence » de M. Bateson, hypothèse largement acceptée de nos jours et d'après laquelle le caractère dominant serait seul représenté dans le zygote par quelque chose de positif, le caractère récessif n'apparaissant que lorsque ce quelque chose est absent. L'analyse mendélienne de l'hérédité des couleurs a eu beaucoup de succès, et dans un ou deux cas, comme dans les recherches de Miss Wheldale sur l'*Antirrhinum,* l'analyse expérimentale est presque parvenue à l'identification des unités héréditaires hypothétiques avec des substances chimiques connues. Il nous semble que la suggestion de M. Bateson, d'après laquelle les unités héréditaires seraient quelque chose de semblable aux enzymes, n'est pas très éloignée de la vérité. Il est temps que les biologistes cessent de croire à l'existence de « déterminants » doués de forces organo-formatrices mystérieuses et presque magiques. Des théories de particules représentatives continueront sans doute à surgir à l'avenir, comme il en a surgi dans le passé, mais avec le temps l'absurdité intrinsèque de ces théories finira bien par être universellement reconnue. Si les recherches mendéliennes se montrent capables d'établir l'existence de substances déterminantes définies, dont le mode d'action soit nettement physico-chimique, elles auront réalisé un résultat très important.

Pour le moment, les mendéliens font preuve d'une confiance trop enthousiaste dans la validité universelle de leurs idées: c'est ainsi que les quelques remarques désobligeantes à l'adresse de savants « pré-mendéliens » dignes de toute estime n'auraient pas dû trouver place dans le volume de M. Bateson. Il est permis de

trouver unilatérale et malsaine la conception générale d'après laquelle l'organisme ne serait qu'un faisceau de caractères-unités. Le mendélisme devrait garder la seule place qui lui convient vraiment, qui est celle d'une très précieuse méthode d'analyse applicable à certaines modalités de transmission héréditaire, au lieu d'être prôné bruyamment comme une solution complète de tous les problèmes de l'hérédité.

⁂

Au cours de la IVe Conférence Internationale de Génétique, tenue à Paris en 1911, c'est encore le mendélisme qui a été le principal objet de discussion, et sur les cinquante ou soixante mémoires imprimés dans les Comptes-Rendus, la plupart ont trait directement ou indirectement à l'hérédité mendélienne. Il nous est évidemment impossible même d'énumérer les titres de ces différentes communications, et encore moins de résumer leur contenu. Nous devons nous contenter d'en noter quelques-unes, choisies parmi les plus étendues et les plus importantes.

Signalons, par exemple, l'exposé compétent de l'hérédité en mosaïque, dû à la plume de M. L. Blaringhem et dans lequel l'auteur attire l'attention sur les importantes expériences et idées théoriques du botaniste français Naudin, un contemporain de Darwin. « Greffage et hybridation asexuelle », tel est le titre d'un long mémoire, magnifiquement illustré, dans lequel M. Griffon discute les preuves pour et contre l'existence de l'hybridation asexuelle, question sur laquelle les récents travaux de Winkler et Baur ont projété beaucoup de lumière. Cette question est également traitée par M. Blaringhem dans le mémoire mentionné plus haut, avec une référence spéciale au cas classique de *Cytisus adami*.

Plusieurs mémoires s'occupent des « lignées pures » de Johanssen et des espèces élémentaires de De Vries. Se basant sur trente années d'observations dans le jardin d'Alexis Jordan, M. Viviand-Morel communique certains résultats qui ne corroborent pas sur tous les points ceux obtenus par l'auteur de la théorie des petites espèces. La conclusion générale de M. Viviand-Morel est que tandis que les petites espèces de plantes annuelles paraissent maintenir leur identité specifique, il n'en est pas de même des plantes bisannuelles ou vivaces.

M. P. de Vilmorin donne une intéressante série de photographies destinées à montrer que certaines variétés de froment sont restées parfaitement immuables dans tous leurs caractères depuis 50 ans. Il en conclut que ces variétés sont indépendantes du milieu, quant à leur origine et à leur survivance.

La grande valeur de la méthode des lignées pures, de Johanssen,

est mise en évidence dans un mémoire de M. Surface sur les résultats négatifs de la sélection de variétés fluctuantes dans le maïs. M. Bœuf, qui a obtenu des résultats quelque peu analogues, conclut de ses travaux sur les céréales qu'une variété pure doit être considérée comme un type naturel qu'il est impossible de modifier par l'action directe du milieu ou par la sélection d'individus.

M. Nilsson-Ehle apporte des preuves destinées à montrer que l'acclimatation de céréales au froid s'accomplit grâce à une recombinaison de quelques facteurs mendéliens, que les formes résistantes ne sont pas de vraies mutations.

Les Comptes-Rendus renferment encore d'autres mémoires importants consacrés principalement à l'hérédité mendélienne dans ses rapports aussi bien théoriques que pratiques; nous n'en avons mentionné que quelques-uns, qui nous ont paru présenter un intérêt spécial.

Ce volume très utile a été édité avec beaucoup de soin. Il présente cette nouveauté qu'il renferme les portraits de la plupart des auteurs dont les mémoires y sont publiés.

***

Vererbungslehre forme le deuxième volume d'une nouvelle série de manuels sur l'évolution, éditée par le professeur Plate, le premier volume constituant son ouvrage bien connu: *Selektionsprinzip und Probleme der Artbildung,* qui en est maintenant à sa quatrième édition. On connaît le talent d'exposition de M. Plate, et le volume qu'il publie aujourd'hui ne pourra que confirmer sa réputation. La façon dont il traite la question est simple, lucide et complète. Comme manuel, son ouvrage est tout à fait moderne, peut-être même trop moderne. Dans le premier chapitre, l'étudiant est initié d'emblée aux conceptions modernes de « gènes », phénotypes, génotypes, biotypes, homozygose, hétérozygose etc., que M. Plate considère comme les conceptions fondamentales de l'hérédité. L'étudiant reçoit la fausse impression que Mendel, Weismann et Johanssen ont, à eux seuls, produit tout ce qui est vraiment fondamental pour l'intelligence de l'hérédité.

La conception de l'organisme comme faisceau de caractères-unités est imposée dogmatiquement comme la seule possible, et l'étude de l'hérédité est définie arbitrairement comme l'étude des relations des gènes (ou déterminants des caractères-unités) entre eux. L'auteur trace une distinction très nette entre les caractères transmissibles par hérédité (mutations) et ceux qui ne le sont pas (sommations), dans les termes suivants : « Sont héréditaires les propriétés qui naissent à la suite de l'action du gène sur le protoplasma, éventuellement avec le concours plus ou moins grand des

facteurs extérieurs; ne sont pas héréditaires les propriétés imprimées au produit du gène par les seules excitations extérieures, comme la couleur blanche de la *Primula sinensis* naît uniquement sous l'action de la chaleur ou la gale à la suite de la piqûre de la mouche de gale » (p. 23). La valeur de cette distinction est on ne peut plus douteuse.

Après le chapitre d'introduction, viennent deux autres chapitres sur l'hérédité mendélienne, dont le deuxième renferme un exposé très complet des phénomènes de la transmission héréditaire des couleurs. On y trouve (pp. 90-97) une liste très intéressante de cas mendéliens (du type *Pisum,* de dominance complète). Le chapitre IV est consacré à la discussion des cas d'exception aux modes typiques d'hérédité alternante, et le chapitre V à l'hérédité du sexe. Le chapitre suivant, sur l'hérédité chez l'homme, occupe cent pages environ et donne un exposé très complet des cas de transmission héréditaire de différentes anomalies et états pathologiques. Ce chapitre, qui a été composé avec beaucoup de soin, sera très utile. M. Plate estime que nous possédons des preuves suffisantes pour établir qu'un grand nombre de ces caractères sont hérités conformément à la loi de Mendel. Le chapitre le plus intéressant au point de vue général est le septième, relatif aux problèmes théoriques de l'hérédité. M. Plate y expose les raisons qui lui font rejeter la théorie « de l'absence et de la présence » des rapports réciproques entre les allelomorphes. Il considère que sa théorie du « Grund-Supplement » explique mieux les faits, surtout dans les cas où le caractère récessif peut se transformer en caractère dominant, et inversement. « Les faits du changement de valence nous conduisent à cette conception que les états récessif et dominant ne reposent que sur une action différente du même gène et peuvent pour cette raison, dans certaines circonstances, alterner dans le même organisme. C'est pourquoi j'admets que l'état récessif est l'état primitif et repose sur un « facteur fondamental » et que le caractère dominant supérieur est provoqué par l'adjonction d'un « supplément » dont la nature se rapproche probablement de celle des enzymes. Tant que le facteur fondamental existe seul chez une variété quelconque, il se comporte d'une façon anallelomorphe, c'est-à-dire qu'il passe dans toutes les cellules germinales, sans exception. Les disjonctions ne commencent qu'avec l'apparition du supplément, ce qui crée en même temps l'opposition entre le caractère récessif et le caractère dominant » (p. 403). Le huitième chapitre traite de Mendélisme et Évolution, et les deux derniers de la base cytologique du Mendélisme et de l'importance pratique du Mendélisme et de la théorie des caractères-unités pour la culture des plantes et l'élevage des animaux.

Le livre renferme une utile bibliographie donnant la littérature

sur la question jusqu'au milieu de l'année 1912. En tant que manuel relatant les développements modernes de la science de l'hérédité, ce livre peut être considéré comme très précieux, et il aura sans doute le grand succès qu'il mérite.

⁂

Le contenu du volume *Heredity and Eugenics*, est très bien indiqué dans son sous-titre: « Cours de leçons résumant les récents progrès de nos connaissances relatives à la variation, à l'hérédité, à l'évolution, dans leurs rapports avec l'amélioration et le bien-être des plantes, des animaux et de l'homme ». Il se compose en tout de neuf leçons, dont les deux premières, par M. le professeur J. M. Coulter, sont d'un caractère élémentaire et destinées à servir d'introduction à la question pour un auditoire peu compétent. Elles sont suivies de deux leçons faites par M. le professeur W. E. Castle sur *La Méthode de l'Évolution* et sur *L'hérédité du sexe,* la première étant consacrée en grande partie à l'exposé de l'hérédité mendélienne chez les animaux, la deuxième à une discussion de la détermination du sexe et de l'hérédité sexuellement limitée. Signalons, comme présentant un certain intérêt général, les conclusions de M. Castle (p. 61), à savoir que la sélection peut se montrer très efficace en modifiant le caractère d'une race et que les caractères-unités ne sont pas immuables. M. le professeur E. M. East discute dans deux excellents chapitres l'hérédité chez les plantes, dans ses aspects théorique et pratique. M. Davenport s'occupe dans deux mémoires des problèmes de l'eugénique, en se plaçant à un point de vue qui nous paraît plutôt étroit, puisqu'il attache une très grande importance aux influences ancestrales, et une très petite, pour ne pas dire aucune, au milieu. Il trouve, par exemple, en suivant la descendance d'une femme appartenant à la fameuse famille Jukes, que la criminalité se trouve localisée dans la lignée illégitime, et pas du tout dans la lignée légitime. Ne serait-il pas plutôt absurde d'attribuer ce fait à « des différences entre les plasmas germinatifs des pères? » (p. 306).

Aucun des mémoires que nous venons de mentionner ne renferme rien qui soit bien nouveau pour celui qui est au courant des derniers progrès de la science de l'hérédité. Nous trouvons bien plus important le dernier mémoire, celui de M. Tower, sur la modification expérimentale de la constitution germinale des organismes. C'est le travail le plus long et le plus ambitieux du volume. Il renferme nombre de détails précieux relatifs aux études expérimentales bien connues de M. Tower sur la mutation et la variation chez le coléoptère *Leptinostra*. Dans la discussion et le résumé annexés à ce mémoire, M. Tower arrive à quelques conclusions qui

nous semblent très fondées, à savoir: 1.° que « la cellule germinale tout entière doit être considérée comme constituant les matériaux germinaux ou le plasma germinatif » (p. 255); 2.° que la conception de particules représentatives est de peu d'utilité pour l'interprétation de certaines catégories de modifications germinales; 3° que la conception « particulaire » de l'organisme n'est pas tout à fait vraie. Quant à sa quatrième conclusion, qu'il n'existe pas de preuves décisives en faveur de la transmission de caractères acquis, nous ne pouvons y souscrire. Mais M. Tower a incontestablement raison d'insister sur ce fait qu'en tout état de cause des preuves expérimentales bien définies et soigneusement contrôlées peuvent seules être acceptées comme décisives.

***

« La croissance de groupes » constitue une contribution à l'étude des espèces. L'auteur, fonctionnaire du Service Médical de l'Inde, a eu des occasions incomparables de réunir des preuves concernant la variation chez les rats de l'Inde, car il a été appelé à examiner des millions de rats qui ont été détruits en vue de la prévention de la peste. Il a démontré l'existence de plusieurs variétés, sous-espèces et races locales (M. Lloyd préfère aussi bien pour les espèces que pour les variétés le terme non-ambiguë de « groupe ») qui diffèrent de la forme typique sous un ou plusieurs rapports definis. Ces groupes subsidiaires sont souvent constitués par un nombre très petit d'individus et sont alors, d'une façon générale, strictement localisés, dans une seule ville, dans un seul quartier d'une ville, voire dans deux maisons contiguës. M. Lloyd prétend que ces groupes doivent leur origine à la variation brusque par rapport au type présentée d'abord par un seul individu ou par plusieurs individus d'une seule et même famille; ils se seraient perpétués par génération entre ces individus modifiés.

Ses observations l'ont rendu très sceptique quant à l'existence d'espèces en tant que réalités objectives. Il croit fermement à la théorie des caractères-unités, développée par De Vries, et il en fait grand usage dans ses spéculations; mais il n'accepte pas la distinction de De Vries entre espèce et variété, distinction d'après laquelle les espèces différeraient les unes des autres, ne fût-ce que légèrement, dans tous leurs caractères, tandis que les variétés ne différeraient du type que par un seul caractère. Il ne croit pas davantage à la force créatrice de la sélection naturelle et soumet cette théorie à une critique subtile et destructrice.

Nous sommes loin de partager la conviction de l'auteur, d'après laquelle les espèces ne seraient que des groupes purement conventionnels. Bien que la variation puisse presque combler la lacune

existant entre de vraies espèces, et bien que des systématistes aient engendré une certaine confusion en créant beaucoup de mauvaises espèces, l'existence objective de groupes bien définis ne peut pas être contestée. La discontinuité des espèces constitue en effet un des problèmes les plus embarrassants de toute la biologie, et aucune solution satisfaisante de ce problème n'a encore été donnée. Des travaux comme celui de M. Lloyd, basés sur l'observation et mûrement réfléchis, présentent une valeur inappréciable, comme contributions à la solution du problème en question. Sous ce rapport il doit être accueilli avec faveur. Mais il reste encore beaucoup à faire dans ce domaine, et nous espérons que M. Lloyd ne s'en tiendra pas là dans ce genre de recherches.

London.

E. S. RUSSELL

OSVALDO POLIMANTI - *Il letargo* (*Le sommeil saisonnier*). Un vol. in-8, de 683 pages. Tipografia del Senato, di G. Bardi, Roma, 1912.

M. Polimanti vient de faire paraître l'ouvrage qu'il avait achevé d'écrire en 1907 sur le sommeil saisonnier. On y trouve, appuyée d'une importante bibliographie, une monographie très complète et parfaitement documentée.

Tout d'abord l'auteur passe en revue les animaux qui présentent, soit du sommeil hibernal, soit, ce qui fut contesté, du sommeil estival (tanrec), et ceux qui présentent seulement un état léthargique incomplet ou qui subissent une torpeur plus profonde; il montre les caractères communs qui appartiennent à ces animaux, comme la vie nocturne (à l'exception de la marmotte), l'alimentation végétale, la voracité, l'agilité (à l'exception du tanrec), une vie en commun fréquente, etc.

Les particularités anatomiques sont ensuite envisagées; la seule notable consiste en la présence de la glande hivernale adipeuse, la « glandola del letargo », qui se trouve, par convergence, dans des espèces très différentes, décrite sous l'aspect de feuillets graisseux par Buffon.

Après une parenthèse historique, l'auteur revient à l'étude du sommeil saisonnier par l'examen de ses phases successives, d'après les observations classiques de Czermack, Horvath, Raphaël Dubois, Saissy, Mangili, Valentin, puis il expose ce que l'on sait du sang des hibernants (température, densité, extrait sec, proportion de gaz, nombre de globules), des phénomènes circulatoires et respiratoires (mécanique et échanges), des phénomènes digestifs, des éliminations

urinaires, des phénomènes thermiques, particulièrement importants, des variations de poids enfin. Sur cette dernière question, M. Polimanti a apporté des résultats expérimentaux, et il a réussi à donner une formule d'interpolation satisfaisante pour la courbe, d'allure hyperbolique, de la décroissance du poids de l'animal au cours de son jeûne hibernal; cette formule est de forme

$$y = \frac{k}{t + m} + n$$

où y est le poids, t le temps, k, m, et n, des constantes.

Au point de vue de la grandeur de perte du poids par unité, on constate que cette perte est d'autant plus forte que le poids de l'animal est plus petit, conformément à la loi de Richet, d'après laquelle toutes les fonctions sont en rapport avec la taille des animaux.

Vient ensuite un exposé de la question des fonctions neuromusculaires, moins étudiées, de celle de l'influence des stimuli externes, variant beaucoup selon les hibernants, et enfin de celle de la régulation thermogénique.

Une mise au point des recherches sur l'influence des poisons au cours de l'hibernation précède deux chapitres de considérations générales, où l'auteur compare le sommeil normal et la torpeur hibernale, après avoir parlé du fakirisme chez l'homme, et exposé ses vues sur la phylogénèse et la signification biologique de la léthargie saisonnière chez les mammifères, s'inspirant de la théorie de Claparède, longuement exposée.

M. Polimanti pense que la léthargie hibernale était primitivement un phénomène général, commun à tous les animaux, mais actuellement en pleine décroissance; cette léthargie pourrait être conçue, selon lui, comme un retour à un état embryologique primitif, l'hibernant redevenant comparable à un nouveau-né, incapable comme lui de maintenir constante sa température, engourdi comme lui, utilisant comme lui au maximum ses aliments, sans presque rien éliminer.

Il y a là un rapprochement d'une portée très générale, mais qu'on ne peut considérer évidemment comme explicatif. Il ne peut y avoir d'ailleurs sur les questions d'origine de l'hibernation que des hypothèses assez vagues, difficiles à appuyer sur des faits.

En tout cas M. Polimanti, en réunissant des documents précis et nombreux, a rendu le plus grand service aux biologistes et aux physiologistes qu'intéresse le problème de la léthargie hibernale; si l'on peut s'étonner quelquefois du plan adopté, dont l'unité n'est pas très nette, si l'on ne trouve pas toujours des résumés synthétiques des faits acquis, résumés évidemment difficiles à établir faute

de documents suffisants ou d'accord entre les auteurs, en définitive on a sous la main un ensemble de faits considérables juxtaposés, et qu'il eût été malaisé de retrouver dans des publications éparses; aussi doit-on de la reconnaissance à M. Polimanti pour avoir mené à bien ce gros travail.

Paris, Sorbonne.

HENRI PIÉRON

ST. VON MADAY - *Psychologie des Pferdes und der Dressur (Psychologie du cheval et du dressage).* Un vol. in-8, de 349 pages, avec 6 figures. P. Parey, éd., Berlin, 1912.

Au moment où les discussions passionnées sur les chevaux sa vants d'Elberfeld vont leur train, on lira avec intérêt le livre de M. von Maday sur la psychologie du cheval et du dressage. M. von Maday est lieutenant de cavalerie; il est aussi assistant à l'Institut de psychologie d'Innsbruck. Ce double titre, de professionnel dans l'art de connaître les chevaux, et de psychologue physiologiste, lui confère une voix autorisée dans les débats sur les chevaux savants. A la vérité, il n'est pas question, dans le livre de M. von Maday, des chevaux d'Elberfeld; il n'y parle que du « kluge Hans » de M. von Osten, et se range complètement à l'avis de Pfungst, d'après lequel le cheval est informé de la réponse exacte par les mouvements imperceptibles, et d'ailleurs inconscients, de la tête ou du menton de la personne qui l'interroge. On sait que dans le cas des chevaux d'Elberfeld cette interprétation est exclue, car ils travaillent même avec des œillères.

Dans un récent article, publié dans les *Kavalleristische Monatshefte,* M. von Maday suppose que, chez les chevaux d'Elberfeld, il doit intervenir quelque autre signal, que seules de longues et patientes recherches permettront de mettre en évidence, signal involontaire, car il ne croit nullement à une supercherie de la part de Krall, propriétaire des chevaux savants. Les facultés prodigieuses de ceux-ci: extraction de racines, raisonnement, conversations, le laissent rêveur. Pour lui, si Krall avait seulement pu montrer, mais d'une façon péremptoire, qu'il avait appris à un cheval à compter de 1 à 3, ce serait déjà un fait remarquable. Il ne parait guère possible, selon M. von Maday, et ceci pour deux raisons. Du point de vue de l'évolution, on ne s'explique pas comment un cheval, brusquement, après un apprentissage de quelques mois, arriverait à comprendre le sens des mots créés par l'homme. Peut-être, bien que la chose ne soit pas démontrée, le cheval est-il capable de former

des « idées d'ordre inférieur », et arrive, par exemple, à classer une personne vue pour la première fois dans la catégorie « homme ». Mais, de là, à s'entretenir avec son maître, à penser, à raisonner, il y a un abîme. M. von Maday a parlé pendant des années à des chevaux, sans jamais s'apercevoir que le mot prononcé soit réellement compris, et non pas simplement un signal pour exécuter un mouvement. La deuxième raison est « psychologique ». Les mobiles de l'activité du cheval sont des sentiments, et non des pensées. Son langage: hennissement, piaffement... exprime ses sentiments: désir, joie, colère, peur, douleur, etc. Il est inadmissible qu'il puisse apprendre un langage entièrement étranger à sa vie psychique, et servant à exprimer les chiffres et les lettres.

M. von Maday ne déprécie d'ailleurs nullement les facultés psychiques du cheval. Au contraire, dans son livre, il cherche constamment à les mettre en valeur. Ainsi, dans le chapitre où sont étudiés les organes des sens, l'auteur montre que le cheval dépasse de beaucoup l'homme par la précision et la sûreté avec lesquelles il perçoit les bruits et les odeurs, apprécie le sens de la direction et le temps. La vision est beaucoup moins développée que l'ouïe et surtout l'odorat; cependant, de près, le cheval distingue les moindres mouvements, et ceci facilite beaucoup le dressage des chevaux de cirque (voir aussi le cas du *Kluge Hans*). On peut démontrer, selon l'auteur, la présence, chez le cheval, des sensations, images, compréhension; il serait capable même de jugement. A la question: le cheval possède-t-il des sentiments moraux, le sentiment de justice et injustice, l'auteur répond par la négative. Dans une série de chapitres, sont étudiés ensuite les facultés d'orientation, la vie des sentiments: amour, peur, orgueil, pudeur..., les mouvements par lesquels se manifestent ces divers sentiments, le tempérament du cheval et son caractère, qui est essentiellement pacifique. Les deux derniers chapitres du livre sont consacrés à la psychologie du dressage: l'auteur montre la façon dont le cheval est influencé par l'homme qui cherche à le dresser en vue d'un but déterminé et analyse les moyens par lesquels le dressage peut-être obtenu.

D'une façon générale, M. von Maday envisage la vie psychique et la mentalité du cheval du point de vue de la théorie de la sélection: les facultés psychiques, comme les caractères morphologiques, se sont développés à la suite de l'adaptation au milieu et de la lutte pour l'existence. Ceci s'applique au cheval à l'état de nature. Quant au cheval domestique, la somme d'énergie que son frère sauvage déploie dans la lutte pour la subsistance peut être exploitée par l'homme en vue du dressage. Par le dressage, du reste, on ne peut rien créer qui n'existe déjà chez le cheval à l'état sauvage: on développe, on modifie en partie ses facultés naturelles; on ne saurait lui inculquer des dons qui lui sont foncièrement étrangers,

des facultés humaines par exemple. Et cette conclusion, on le voit, n'est guère conciliable avec ce qui a été rapporté sur les chevaux savants d'Elberfeld.

Paris, Collège de France.

ANNA DRZEWINA

IRVING FISHER - *Elementary Principles of Economics (Principes élémentaires d'économie politique).* Un vol. in-8 de XXVIII-932 pages. The Macmillan Company, New-York, 1913.

A ceux qui sont au courant de la littérature économique (et connaissent de ce fait les ouvrages de M. Irving Fisher qui occupent une place considérable dans la production scientifique de ces dernières années), son dernier manuel ne revelera rien de nouveau. L'auteur se borne, pour la plus grande partie, à donner un résumé fidèle du contenu de ses volumes précédents sur la valeur, sur le capital, sur l'intérêt et sur la monnaie. Mais le fait de présenter à nos yeux l'édifice complet, alors que dans les autres ouvrages on n'en voyait que les différents plans, rend ce livre non moins digne d'examen. Et, tout d'abord, il mérite l'attention de ceux qui, tout en admirant les théories de M. Fisher, ne sont pas disposés à les accueillir intégralement. L'occasion nous est offerte ici de nous assurer, nous dirons presque expérimentalement, si les idées que l'auteur soutient avec tant de conviction sur la nature du capital et de l'intérêt s'encadrent bien dans un exposé complet de la science économique, au point d'en devenir, ainsi que le voudrait l'auteur, la partie substantielle.

a) La première partie du livre (chapitres I-VII) traite du capital et du revenu. Tout le monde sait aujourd'hui que le *capital* est, d'après M. Fisher, l'ensemble des richesses existant à un moment déterminé, y compris les hommes; le *revenu* est le flux des bénéfices dérivant du capital. La valeur du capital n'est autre chose que la somme des revenus qu'il produira, mais des revenus escomptés; et c'est pourquoi on ne peut calculer la valeur du capital sans connaître: 1° le revenu, 2° le taux de l'intérêt. Si, au point de vue physique, on peut dire que le capital produit le revenu, on devrait dire, en se plaçant au point de vue économique, que le revenu produit le capital, en tant que la valeur du capital ne fait que refléter celle du revenu.

b) Dans la deuxième partie (chapitres VIII-XXII), M. Fisher développe la théorie des prix.

La première question à résoudre est celle-ci: de quoi dépend le niveau général des prix, ou, pour employer une expression que

préfère M. Fisher, de quoi dépendent les *prix généraux?* Et ici il développe la théorie quantitative de la monnaie que connaissent bien les lecteurs de *Purchasing Power of Money* (*Puissance d'achat de la monnaie*).

Vient ensuite l'autre question: de quoi dépendent les prix *particuliers,* c'est-à-dire les prix des catégories particulières de marchandises? Et ici M. Fisher développe ce qu'on a l'habitude d'appeler, dans les livres d'économie politique, la théorie de la valeur. Il établit des courbes de demande et des courbes d'offre et montre comment le prix est déterminé par l'intersection de ces deux courbes. Une courbe de demande, dans un marché, n'est que la somme des courbes de demandes individuelles. Chacune de celles-ci s'obtient en divisant les ordonnées d'une courbe d'utilité marginale (ou de désirabilité marginale) par l'utilité (désirabilité) marginale de l'argent, qu'on suppose constante. C'est, on le voit, la théorie de Marshall. La courbe d'offres dans un marché représente également la somme des courbes individuelles, dont chacune s'obtient en divisant la non-désirabilité des sacrifices et des dépenses (*trouble and expense*) nécessaires pour offrir le bien considéré, par l'utilité marginale de l'argent. L'auteur résume ces efforts et sacrifices dans un seul mot: *travail.*

La théorie des prix comprend enfin la détermination du taux de l'intérêt, que l'auteur fait dépendre du degré d'impatience, ainsi que le savent les lecteurs de *Rate of interest.*

c) La troisième partie, qui constitue une partie inédite du livre, est consacrée à la distribution (chapitres XXIII-XXVI). La distribution peut, d'après l'auteur, être considérée sous deux aspects:

On peut d'abord rechercher quel est le revenu que reçoit chaque unité de capital (y compris le capital-homme), et on opère alors la distinction entre: 1° le revenu produit par le capital au sens strict du mot, c'est-à-dire à l'exclusion de l'homme, et 2° le revenu produit par le travail, c'est-à-dire par l'homme. Le rapport entre la valeur du revenu et la quantité physique du capital (l'hectare de terre, par exemple) s'appelle *rente,* tandis que le rapport entre la valeur du revenu et la valeur du capital est le *taux de l'intérêt.* Si, ensuite, on tient également compte du risque, on peut avoir ou un *profit du capitaliste* (revenu incertain, proportionnel à l'unité physique du capital: par exemple, profit par hectare de terre), ou un *dividende* (revenu incertain proportionné à la valeur du capital). Le revenu du travail constitue ou le *salaire* ou le *profit de l'entrepreneur.* C'est ainsi que le revenu de la communauté se divise en six parties.

On peut, en deuxième lieu, rechercher quelle est la quantité de capital possedée par un individu et quel est le revenu de chaque individu. Tandis qu'on considérait tout à l'heure la distribution

dans ses rapports avec les facteurs de production, on la considère ici dans ses rapports avec les personnes. Et ainsi on se trouve conduit à l'étude de la richesse et de la pauvreté, étude qui constitue l'objet des deux derniers chapitres du livre.

Nous sommes tout disposés à admirer l'effort constructif de l'auteur, qui est certainement un des grands économistes de nos jours. Mais s'il nous était permis d'exprimer sincèrement notre opinion, nous dirions que sa tentative de simplifier la science économique et d'en rapprocher la terminologie du langage des hommes d'affaires, ne nous paraît pas réussie.

Là où l'auteur veut être simple, il n'est que vague et là où il veut être exact et précis, poussé qu'il y est par le besoin d'expliquer les faits de la multiforme vie économique, il est obligé d'introduire des distinctions et des exceptions qui troublent la symétrie du dessin, sans satisfaire le lecteur, attendu qu'il s'agit d'allusions trop sobres.

L'auteur s'étend par exemple longuement sur la théorie de l'intérêt. C'est une des idées fondamentales du livre que le taux de l'intérêt (qui est un des deux termes nécessaires pour calculer la valeur de tous les capitaux, l'autre terme étant la valeur du revenu) n'a rien à voir avec la productivité du capital. D'après l'auteur, ce taux dépendrait uniquement du degré d'impatience. C'est une opinion que nous ne partageons pas. Le degré d'impatience, ainsi que l'auteur appelle le taux de l'escompte psychologique des plaisirs futurs, est une des causes essentielles du taux de l'intérêt, mais il en est une autre, non moins essentielle: c'est, en tant qu'il s'agit de l'intérêt du capital, la productivité du capital lui-même. Le degré d'impatience suffirait à expliquer le taux de l'intérêt, si tous les prêts étaient des prêts de consommation. Mais la plus grande partie des prêts répondent à des fins productives, et alors intervient l'entrepreneur qui offre un intérêt plus ou moins élevé, selon la productivité du capital. M. Fisher est obligé de le reconnaître indirectement, lorsqu'il énonce, comme une cause *très importante* parmi toutes celles qui déterminent le taux de l'intérêt, la suivante: « De tous les usages alternatifs auxquels quelqu'un pourrait consacrer son capital, il choisira celui qui, au taux d'intérêt courant, porte au maximum la valeur actuelle du capital » (p. 400). En d'autres termes, l'entrepreneur choisit le placement le plus productif du capital. Et voici comment la productivité du capital, chassée par la porte, rentre par la fenêtre.

La théorie des prix particuliers et celle de la distribution ne sont pas traitées par l'auteur d'une façon adéquate.

La demande dépend de la désirabilité. Mais qu'est-ce que la désirabilité? Un nom qui ne résout rien. Reste à savoir pourquoi

l'homme désire. C'est, en dernière analyse, pour satisfaire ses besoins, pour avoir des plaisirs, des jouissances. Mais en dernière analyse seulement. Beaucoup de biens ne procurent aucune satisfaction directe: pourquoi sont-ils alors désirés? Employer le mot désirabilité pour effacer la distinction entre l'*utilité* des biens directs et la *productivité* des biens instrumentaux ne nous semble pas constituer un progrès. Une grande partie de la théorie de la production se trouve englobée dans le mot désirabilité.

Encore moins comprend-on ce qu'est la non-désirabilité ou dépense. L'auteur nous dit bien qu'elle se résout, en dernière analyse, en travail. Mais alors les questions surgissent en foule. Puisque l'auteur prétend que le revenu tire son origine du travail et du capital, et que le travail seul est une dépense, comment se fait-il qu'il y ait un revenu qui coûte et un revenu qui ne coûte pas? L'auteur affirme quelque part que l'intérêt est une dépense pour l'individu, non pour la société. Qu'est-ce que cela signifie? Et comment cela s'accorde-t-il avec le fait que la courbe des dépenses de la société s'obtient en additionnant les courbes de dépenses des individus?

Cette même répartition entre le capital et le travail, que l'auteur est obligé d'accepter dans la théorie de la distribution, surprend le lecteur habitué à voir le capital et le revenu inséparables comme un père et un fils: père, le capital sous l'aspect physique de la production, fils, sous l'aspect économique ou de la valeur. Le travail apparaît alors comme un intrus. Et la surprise augmente, lorsqu'on voit assigner une place à la terre, lorsqu'on entend énumérer ses particularités et qu'on assiste à une distinction entre le travail de l'entrepreneur et celui de l'ouvrier. Les quatres figures du propriétaire foncier, du capitaliste, de l'ouvrier et de l'entrepreneur, que nous étions accoutumés de trouver dans les livres d'économie politique, finissent également par poindre ici, vers la fin du volume, mais présentent des contours incertains et ne reçoivent pas une lumière suffisante.

On finit par comprendre que les facteurs de production sont le travail de l'ouvrier et celui de l'entrepreneur, le capital et la terre. En poussant l'analyse plus loin, on découvrirait que la productivité d'une machine ou d'un terrain diffère de la « productivité » d'un pain ou d'un vêtement, c'est-à-dire que les bénéfices ou services rendus par les deux premières richesses diffèrent de ceux fournis par les deux dernières.

M. Fisher veut simplifier l'économie politique et la rapprocher du langage des affaires, mais ce faisant il ne réussit qu'à attribuer beaucoup d'importance à la comptabilité et peu à l'économie politique.

Il n'en reste pas moins que l'auteur a eu le grand mérite d'avoir montré, avec une grande élégance de raisonnements et d'illustrations

graphiques que le taux de l'intérêt est un des éléments dont l'influence s'étend sur tout le domaine de l'économie politique, ce qui d'ailleurs était déjà reconnu auparavant. Mais on ne peut créer une science économique en la fondant sur le principe que tout est capital, que la valeur du capital se déduit de la valeur des revenus. Ce principe efface des distinctions importantes et étouffe un grand nombre de faits sous le niveau uniforme du taux d'intérêt. Quels sont les facteurs de la production? De quoi dépend leur productivité? A quelles lois obéit la distribution des revenus? Que devient le taux d'intérêt, lorsque le capital augmente? Que devient le salaire par heure de travail, lorsque le nombre des ouvriers augmente? Quel est l'effet d'une augmentation de la population sur la rente foncière? Une science économique qui s'en tiendrait rigoureusement au principe de tout appeler capital et de faire tout dériver du taux d'intérêt, serait incapable de répondre à toutes ces questions et à beaucoup d'autres. Les faits économiques sont multiples et diversement enchaînés et une science économique qui veut expliquer leur enchaînement ne peut se dispenser d'adopter des distinctions, des classifications, des hypothèses qui font disparaître la belle simplicité à laquelle M. Fisher voudrait la réduire.

Macerata, Università.

UMBERTO RICCI

F. GRAEBNER - *Methode der Ethnologie (Méthode de l'Ethnologie).* Un vol. in-12, de XVII-192 pages. Verlag von Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg, 1911.

P. JOS. MEIER - *Mythen und Erzählungen der Küstenbewohner der Gazelle-Halbinsel [Neu-Pommern] (Mythes et récits des habitants des côtes de la presqu'île de la Gazelle [Nouvelle-Poméranie]).* Un vol. in-8, Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung, Münster i. W., 1909.

JOS. HENRY - *L'âme d'un peuple africain : Les Bambara, leur vie physique, éthique, sociale, religieuse.* Un vol. in-8, Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung, Münster i. W., 1910.

P. G. PEEKEL - *Religion und Zauberei auf dem mittleren Neu-Mecklenburg (Religion et sorcellerie au moyen Nouveau-Mecklenburg).* Un vol. in-8, de 135 pages, avec une carte. Verlag der Aschendorffschen Buchhandlung, Münster i. W., 1912.

P. H. TRILLES - *Le Totémisme chez le Fân.* Un vol. in-8, de XVI-653 pages. Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung, Münster i. W., 1912.

A. MORET - *Mystères égyptiens.* Un vol. in-18 de 326 pages, avec 57 gravures et 16 planches hors texte. A. Colin, éd., Paris, 1913.

Le livre de M. Graebner est le premier volume de la Première Série d'une « Kulturgeschichtliche Bibliothek », dirigée par W. Foy

et conçue d'après un critère très largement compréhensif, puisqu'elle doit comprendre, outre cette première série (ethnologie au sens strict du mot et civilisations antiques de l'Orient), une deuxième (histoire de la civilisation en Europe) et une troisième (monographies sur des questions d'ordre général). Dans une introduction au travail de M. Graebner, M. Foy expose les rapports existant entre l'histoire de la civilisation (Kulturgeschichte) et l'ethnologie: il conçoit l'ethnologie comme faisant partie de l'histoire universelle de la civilisation, laquelle, à son tour, est conçue comme la science du développement causal de tout ce qui compose la vie spirituelle et matérielle de tous les peuples de la terre, vivants et disparus. Par cette introduction et aussi par le sujet qu'il traite, ce premier volume présente un caractère éminemment programmatique et apparaît presque comme un manifeste de la nouvelle école ethnologique dont MM. Graebner et Foy sont, avec MM. Ankermann, Ratzel et Frobenius, les principaux représentants, et qui proclame, comme ayant une importance fondamentale, la conception des « cycles culturaux », en opposition avec la théorie des formations indépendantes (Bastian) et des convergences similaires (Thilenius, Ehrenreich). Du reste, l'idée des cycles culturaux ne prétend pas assumer le rôle d'un système théorique: elle veut seulement servir d'instrument heuristique et comme méthode de recherche.

Le travail préliminaire, qui doit précéder toute recherche ethnologique sérieuse, doit consister dans la critique des sources, en considérant comme sources les objets ethnologiques (équivalant à ce que sont pour les historiens les monuments) et les notices transmises par la voie littéraire (documents). La critique des objets porte sur leur authenticité, sur leur provenance, sur leur époque. Les notices sont soumises à une critique externe et interne. La critique est suivie du travail d'interprétation (déterminer les faits établis d'après leur signification et d'après la fin à laquelle ils répondent) et de celui de combinaison (ranger les faits interprétés et vérifiés en groupes représentatifs, dans le but d'obtenir une vision unitaire de tout l'ensemble de leur développement). Parvenu à ce point, M. Graebner expose dans un chapitre (historico-critique) les différentes théories constructives qui ont été formulées dans le domaine des études ethnologiques: aussi bien celles qui s'inspirent de l'évolutionnisme que celles fondées sur le concept des formations similaires convergentes, et jusqu'à la formulation du concept des cycles culturaux inauguré par Ratzel et repris d'abord par Frobenius, puis par Graebner lui-même et par Ankermann, surtout à l'occasion du problème ethnologique des rapports entre l'Afrique et l'Océanie. Vient ensuite la partie systématique proprement dite où sont exposées les méthodes de recherche d'après les principes de la nouvelle école: établir d'abord les critères sur la base desquels

on puisse découvrir les rapports culturaux, délimiter ensuite les aires et les couches culturales, tracer enfin les lignes capitales des divers développements.



Une autre bibliothèque ethnologique est celle que publie à Münster i. W., chez l'éditeur Aschendorff, le père W. Schmidt, en connexion avec sa revue « Anthropos » et sous le titre « Anthropos-Bibliothek (Bibliothèque Anthropos: Collection internationale de monographies ethnologiques) ». Il a paru jusqu'à ce jour quatre monographies, dont chacune est l'œuvre d'un missionnaire, spécialiste dans le domaine ethnologique qu'il traite. Bien que la collection ne vise pas à développer le programme d'une école ethnologique particulière, les idées du père Schmidt ne s'en reflètent pas moins dans les ouvrages des différents auteurs, par exemple dans la tendance accentuée à mettre en relief la croyance en un Être Suprême chez les peuples primitifs. De cette collection font partie les deux ouvrages, cités plus haut, de MM. Meier et Henry. Le premier est un recueil de recits des populations côtières de la péninsule de la Gazelle, dans la Nouvelle-Poméranie, en langue originale et en traduction, ces récits étant groupés selon les sujets (récits historiques, récits reflétant les usages, récits sur les esprits, sur les animaux). Le recueil est précédé d'une introduction, par le père Schmidt. Le deuxième ouvrage décrit plus spécialement la vie spirituelle des Bambara, surtout dans ses divers aspects religieux (tabou, animisme, fétichisme, idée de Dieu, culte), y compris les éléments d'origine islamique (Adam et Eve, Satan, *ginn*, etc.).



L'ouvrage de M. Peekel appartient, lui aussi, à la collection « Anthropos-Bibliothek ». Sa première partie est consacrée aux religions (les dieux, les esprits, les âmes des morts, mythes relatifs à l'époque primitive); la deuxième traite de la magie (pour obtenir de bonnes récoltes, contre les voleurs, contre les maladies, pour provoquer les maladies, pour faire échouer une entreprise, pour avoir le beau ou le mauvais temps, charmes érotiques, conjurations). Un chapitre est consacré à l'Être Suprême, qui « habite là-haut », qui n'a pas de culte au sens vrai et propre du mot et est de sexe féminin, ce qui s'expliquerait par le fait que chez les primitifs du Nouveau-Mecklenburg existe la descendance en ligne féminine.



C'est encore de la même collection que fait partie l'ouvrage de M. Trilles; il apporte une contribution importante à la connais-

sance de cet intéressant phénomène ethnologique et religieux qu'est le totémisme africain étudié chez un peuple de la famille Bantu. L'ouvrage est précédé d'une introduction sur le totémisme africain en général, et en particulier sur le totémisme chez les tribus de langue *fan*. L'exposé spécial débute par un chapitre consacré à l'étude du totem en tant qu'homme. Suit une étude sur la conception que les indigènes se forment du totem d'après les différents types totémiques (totem national, tribal, totem de clan, totem familial, individuel). Le chapitre VIII traite la question des origines, à savoir si le totem est originaire de la tribu ou de provenance extérieure, et conclut à l'origine endogène. L'auteur passe ensuite en revue les différentes pratiques cultuelles relatives au totem, et il consacre un chapitre spécial aux associations des initiés, en tant qu'elles ont, elles aussi, leurs totems spéciaux. Le chapitre XVIII traite du totem envisagé comme symbole, comme enseigne, comme emblème. Le dernier chapitre s'occupe des rapports existant entre le totémisme et le fétichisme et discute les origines de ce dernier.

⁂

Quant au livre de M. Moret, il est un nouveau recueil de ces essais d'égyptologie dans lesquels l'auteur fait connaître aux profanes, dans un exposé clair et élégant, les découvertes les plus récentes relatives à la société, à l'art et plus spécialement à la religion de l'Ancienne Égypte. Les mystères égyptiens se rattachent plus particulièrement à la religion d'Osiris. Mais les textes rituels osiriens sont d'une époque tardive: pour les époques plus anciennes les documents sont fournis par les figurations qu'on trouve dans les tombes. On sait que chaque défunt était *osirisé,* en ce sens qu'on lui appliquait les pratiques propres aux mystères osiriens. Dans des cas exceptionnels, ces mystères s'appliquaient aussi aux vivants, et en premier lieu aux personnes des Pharaons. L'idée fondamentale est celle qui est commune à tous les cultes mystiques: la mort est conçue comme une renaissance, en vertu de certaines pratiques rituelles qui ont une valeur représentative universelle, celle pour ainsi dire d'une initiation à une autre vie, qu'elles s'appliquent soit à un défunt (résurrection), soit à un roi (prolongement de la vie), soit à un dieu (Osiris). M. Moret y voit une analogie avec les rituels et les concepts hindous de la *diksâ* et avec les cérémonies d'initiation des peuples primitifs. — Dans le deuxième essai (*le verbe créateur*), M. Moret recherche les données qui permettent de faire remonter jusqu'aux temps pharaoniques les éléments de ce qui fut plus tard la doctrine hermétique de l'époque alexandrine, celle du verbe créateur et de la Trinité-Unité divine.

Partant de l'hypothèse de Brugsch et de Maspero sur la cosmologie égyptienne et se réclamant de la valeur magique de la parole, M. Moret conclut que l'idée de Dieu comme d'une intelligence ayant pensé le monde et ayant trouvé le verbe comme moyen d'expression et instrument de création, serait une ancienne idée égyptienne, reprise plus tard par les livres hermétiques. — Le troisième essai (*Pharaon et totem*) est consacré à la question très débattue du totémisme en Égypte. M. Moret croit qu'à une époque où le totémisme devait être en pleine vigueur aurait succédé en Égypte l'époque des survivances totémiques, celle précisément qui nous est révélée par les documents les plus anciens que nous connaissions. Dans ces documents on peut suivre la transition de la religion totémique à base collective égalitaire à la religion de type hiérarchique qui a son aspect social correspondant dans la monarchie. La monarchie égyptienne cesse ainsi d'être une mystérieuse création *ex nihilo*, et nous la voyons se constituer à la suite d'un processus de transformation de l'ancien totémisme, en tant que le totem devient, de protecteur du *clan*, le protecteur du groupe local, puis de la famille du chef et enfin plus particulièrement du chef lui-même. Cette position unique du roi se reflète dans son exceptionnelle sainteté et dans les nombreux rites destinés à lui assurer vigueur et santé, conformément à une coutume largement répandue et amplement décrite par M. Frazer. — Il faudrait voir dans le «Ka» (*le "Ka" des Égyptiens est-il un ancien totem?*) une survivance de la phase primitive de la mentalité totémique qui se serait perpétuée à travers les longs siècles du développement dynastique. — En attirant l'attention sur quelques figures de bouffons et de danseurs portant les couronnes royales, qu'on voit parfois représentés au milieu de scènes funèbres, M. Moret se demande (*Rois de carnaval*) si on ne doit pas voir dans ces figures une allusion à une coutume analogue à celle des rois fictifs (rois de carnaval, etc.) dont la valeur religieuse a été mise en évidence par M. Frazer. Lorsque la coutume primitive de tuer le roi, en tant qu'être sacré, afin de transmettre à un successeur son énergie en pleine vigueur, se fut atténuée par l'effet de l'application des rites osiriens, il s'est peut-être conservé en Égypte, comme ailleurs, dans certaines fêtes spéciales, une réminiscence de l'ancien usage. — La dernière étude (*Sanctuaires de l'Ancien Empire*) est une description des sanctuaires de l'Ancien Empire consacrés au culte des pharaons ensevelis dans les pyramides et des sanctuaires de divinités comme le Soleil (*Ra*). La description est fondée sur les découvertes archéologiques les plus récentes.

Roma, Università.

R. PETTAZZONI

RASSEGNE - REVUES GÉNÉRALES
ALLG. UEBERSICHTEN - GEN. REVIEWS

REVUE GÉNÉRALE D'ASTRONOMIE

NÉBULEUSES ET ESSAIMS.

Il y a deux mille ans, les philosophes grecs Démocrite et Anaxagore assuraient leurs compatriotes que le cercle lumineux de la Voie Lactée n'était pas constitué par autre chose que par une masse épaisse d'étoiles trop petites et trop rapprochées pour être distinguées les unes des autres. Le premier de ces philosophes, qu'on appelle souvent le « philosophe qui rit », a encore émis sur d'autres sujets quelques opinions remarquables qui ont été en grande partie adoptées par la science moderne: sur la théorie atomique, sur la nature du Soleil et des étoiles etc, bien que nous ne devions pas accorder aux heureuses divinations le même crédit que celui que nous accordons aux observations minutieuses et aux théories vérifiées par une analyse approfondie. Là est en effet une des principales différences qui séparent la science moderne des systèmes de l'ancienne philosophie. Certes, « rien n'est nouveau sous le Soleil », et le germe de presque toutes les théories scientifiques peut être retrouvé dans des hypothèses remontant à des époques très éloignées; mais alors que les anciens philosophes se perdaient dans des spéculations sans fin, sans presque tenir compte des faits de la Nature, la science moderne proclame la nécessité de confronter sans cesse les résultats des théories avec les données de fait et, tout en ayant ratifié quelques-unes de ces spéculations antérieures, elle en a relégué la plupart dans l'arsenal des hypothèses désuètes. N'importe qui est capable de spéculer, et cela d'autant plus facilement qu'il possède moins de connaissances, mais déjà Faraday avait attiré l'attention sur la petite proportion des hypothèses vérifiées, par rapport à toute la masse d'idées surgissant dans l'esprit de chaque travailleur dans le domaine de la science. Mais tandis que celui-ci supprime implacablement la plupart de *ses* notions invérifiables, le philosophe spéculatif pur et simple fait connaître au monde toutes ses

idées, laissant à d'autres le soin de les vérifier ou de les démentir. Rien de surprenant si, dans ces conditions, la plupart des théories de la science moderne, au lieu d'être vraiment originales, se retrouvent les unes ou les autres parmi les spéculations de l'ancienne philosophie.

Pour ce qui est de la Voie Lactée, on trouve disséminées dans le ciel (bien qu'avec une distribution qui est loin d'être uniforme) des traînées lumineuses de matière nébuliforme, de groupes et d'essaims stellaires et de « nébuleuses », ainsi qu'on appelle quelques-unes d'entre elles. On sait que certaines de ces traînées sont constituées, comme la Voie Lactée elle-même, par de nombreuses étoiles trop rapprochées les unes des autres pour être visibles séparément, sauf dans quelques cas rares, à l'œil nu. Le groupe bien connu des Pléiades en est un exemple. On y voit de huit à douze étoiles rapprochées les unes des autres, leur nombre variant selon la netteté de la vue de l'observateur et selon l'état du ciel. En se servant du plus petit télescope, on arrive à en compter jusqu'à cent, tandis que les télescopes plus puissants et les applications photographiques de l'astronomie moderne nous ont permis de découvrir la présence d'un nombre bien plus considérable d'étoiles, ainsi que de raies et de stries de nébulosité entourant et enveloppant quelques-unes des étoiles dans cette région. L'essaim des Hyades est situé tout près dans le ciel, et dans son voisinage se trouve le « Praesepe » dans le Cancer qui, se présentant sous l'apparence d'une traînée nuageuse, se résout en un essaim d'étoiles, d'où son nom de « Praesepe » (la ruche). D'autres essaims bien connus se trouvent dans Hercule (non loin de l'apex du trajet solaire), et ces essaims sont souvent considérés comme les plus fins de tous ceux qu'on trouve dans l'Hémisphère Nord; d'autres encore dans le « manche de l'épée » de Persée; signalons en dernier lieu le magnifique essaim *M. Canum Venaticorium* (Chien de chasse), l'essaim entourant l'étoile ω Centauri etc. Quelques-uns de ces essaims apparaissent comme de simples collections d'étoiles rapprochées et trop petites pour être visibles séparément autrement qu'à l'aide de puissants télescopes, d'autres exigent, pour être vus, la puissance optique la plus intense, tandis que d'autres encore n'ont jamais pu être dissociés en étoiles, bien que nous ayons des raisons de supposer que leur dissociation est possible, mais doit être distincte de celle des *vraies nébuleuses*. Puisque la plupart des essaims, ainsi que nous l'avons dit plus haut, apparaissent, lorsqu'ils sont visibles à l'œil nu, comme des objets brumeux, nébuliformes et peuvent être dissociés en étoiles distinctes à l'aide de télescopes plus ou moins puissants, on avait pensé à un moment donné que tous les objets ayant cette apparence, présentent une nature identique, les différences qu'on constate entre divers essaims tenant au

volume variable de leurs membres et aux différentes distances qui les séparent de notre système. Toutes les fois qu'on s'est servi d'un télescope nouveau ou plus puissant, nombre de ces nébuleuses ou objets nébuliformes (du mot latin *nubes*- nuage), ont pu être résolus en étoiles distinctes, tandis que des nébuleuses comme celle d'Orion et la grande nébuleuse fusiforme d'Andromède ne présentaient aucun signe de dissociation de ce genre. Mais à la suite de l'application du grand réflecteur de lord Rosse (le plus grand instrument de ce genre qui ait jamais été construit), il a été annoncé qu'on a réussi à dissocier la nébuleuse d'Orion, mais, ainsi que nous le verrons, ce fut une erreur: il n'est pas de télescope qui puisse jamais arriver à la dissocier, pour cette bonne raison qu'elle n'est pas composée d'étoiles, mais présente une nature totalement différente. L'idée de la dissociabilité de tous les essaims était partagée il y a 50 ou 60 ans par la plupart des astronomes, et peu nombreux étaient ceux qui osaient y contredire. On pensait que ces nébuleuses étaient des essaims lointains ou des systèmes d'étoiles, des « univers insulaires », semblables au système dont fait partie notre Soleil (la grande Voie Lactée ou Galaxie), mais situés bien loin au-delà, à des distances tellement grandes que la lumière, qui se déplace avec l'enorme vitesse de 300.000 kilomètres par seconde, met plusieurs milliers d'années pour traverser l'espace qui nous en sépare; nombre d'entre eux ont pu cesser d'exister depuis des siècles, et des siècles peuvent encore se passer avant que nous nous apercevions de leur distinction. Mais à cette manière de voir s'opposent des objections tirées des travaux de Herschell lui-même et d'autres savants qui ont montré l'étroite connexion existant entre la distribution de ces nébuleuses et essaims et la fonction de la Voie Lactée en général; ce qui n'a pas empêché des écrivains populaires de répandre pendant longtemps ces idées dans le public non-scientifique, et on peut dire qu'aujourd'hui encore elles ne sont pas complètement éteintes.

La mémorable exploration systématique du ciel à l'aide d'instruments de sa propre construction, bien plus puissants que tous ceux qui ont été en usage avant lui, a immortalisé le nom de William Herschell et constitue de sa part une contribution à notre science peut-être bien plus grande que sa découverte d'une nouvelle planète dans notre système solaire. Avant lui, le nombre d'essaims et de nébuleuses connus n'excédait pas 150 environ, dont certains ont été découverts par le célèbre astronome français Messier (la lettre M placée devant le nom d'une nébuleuse ou d'un essaim indique que la nébuleuse ou l'essaim en question figure dans le catalogue de Messier), qui était également connu comme un « fureteur de comètes », à cause de son observation attentive de ces corps, dont l'apparence mal définie et trouble n'est pas sans ressemblance

avec celle des nébuleuses, et c'est pour plus d'une raison que la comète a été définie comme une « nébuleuse errante ». Les recherches de Herschell ont été reprises et étendues par son fils Sir John Herschell qui avait séjourné pendant plusieurs années à Feldhausen, dans l'Afrique du Sud, près de Cape Town, où il a pu opérer l'examen complet du ciel tout entier, boréal et austral. Il publia en 1864 un catalogue de 5079 nébuleuses et essaims, dont la plupart n'ont pas été localisés avant lui par d'autres observateurs, et après sa mort le D.r Dreyer a publié un supplément renfermant un nouveau millier de ces objets. Des listes additionnelles donnant des objets découverts par la photographie (et dont quelques-uns absolument invisibles même à l'aide des télescopes les plus puissants) ou par d'autres moyens ont peut-être doublé le nombre des nébuleuses du catalogue de Herschell. La découverte la plus remarquable sous ce rapport est celle de l'existence de nombreuses spirales et de nébuleuses tourbillonnaires dont la signification pour la cosmogonie de notre système a été brièvement exposée dans notre « Évolution Stellaire » (« Scientia », Janvier 1911) et ailleurs. Très peu de ces objets étaient connus avant 1850, le premier ayant été découvert par Lord Rosse à l'aide de son grand reflécteur qui a révélé la forme spirale de la grande nébuleuse dans *Canum Venatriorum* et d'autres qui étaient considérées auparavant comme circulaires ou annulaires. Sir William Herschell avait distribué ces objets en six divisions qui étaient les suivantes: 1. Essaims d'étoiles dans lesquels les étoiles étaient facilement discernables; à leur tour, ces essaims sont subdivisés en globulaires et irréguliers; 2. Nébuleuses résolvables ou laissant soupçonner qu'elles sont composées d'étoiles et que la moindre augmentation de la force optique peut les résoudre en étoiles distinctes; 3. Nébuleuses proprement dites, ne présentant aucune apparence de résolvabilité (celles-ci sont subdivisées en plusieurs classes, d'après leur éclat etc.); 4. Nébuleuses planétaires ou ayant la forme de disques; 5. Nébuleuses stellaires ou ayant pour noyau une étoile; 6. Étoiles nébuleuses.

Au XVIIe siècle, Halley et les astronomes auxquels nous devons les premières découvertes de nébuleuses ont adopté les spéculations de certains écrivains-philosophes, en postulant l'existence d'une forme primitive et élémentaire de matière lumineuse sidérale (Halley, *Phil. Trans.* vol. 29); mais ce fut principalement à la suite de ses nombreuses observations que Sir William Herschell lui-même a été conduit à envisager les conséquences d'un affaissement et d'une condensation progressifs de cette matière en formes plus ou moins régulières, sphériques ou sphéroïdales, dont la densité était plus grande vers le centre que vers la circonférence. L'hypothèse nébulaire bien connue que Laplace avait édifiée sur les suggestions

préalables de Kant, Wright, Swedenborg et autres, mit également en avant l'idée d'une « matière nébuleuse », distincte par sa nature de toutes les substances fluides ou solides que nous connaissons sur notre planète. La résolvabilité, grâce à l'emploi du télescope de Lord Rosse, de nébuleuses jusqu'alors irrésolvables avait paru pendant quelques temps décourager ces spéculations, mais, ainsi que nous le verrons tout à l'heure, l'application du spectroscope à l'astronomie a établi l'existence d'une réelle différence que la spéculation pure se contentait d'établir par le simple raisonnement.

Vers 1860, cet instrument a commencé à être employé d'une façon systématique, concurremment avec le télescope, ce qui projeta un flot de lumière sur une question qui avait été réputée jusqu'alors comme étant au-dessus des forces de l'esprit humain, à savoir sur la question de la nature chimique et de l'état physique des corps célestes. Cela nous a permis d'établir une distinction réelle entre les nébuleuses vraies et les nébuleuses apparentes, ou essaims éloignés et condensés. Newton raconte dans son *Optique* qu'il avait décidé un jour de « tenter l'expérience, tant prônée, des couleurs ». Si on laisse entrer la lumière solaire dans une pièce obscure à travers une petite ouverture, elle produira, si on fait en sorte qu'elle tombe normalement sur un écran blanc, une tache blanche et ronde, qui est une image du Soleil. Mais si on place sur le trajet du rayon lumineux un prisme ou un morceau de verre triangulaire, dont la pointe est dirigée en bas, ce rayon sera infléchi en bas (réfracté) et l'image projetée sur l'écran ne sera plus blanche, mais colorée, et se présentera comme une bande bariolée ayant les couleurs de l'arc-en-ciel. C'est ainsi que le prisme a non seulement réfracté la lumière, mais l'a encore analysée et dispersée, en montrant que la lumière blanche (lumière solaire) est composée d'un mélange de couleurs différentes lesquelles, en passant à travers un prisme, subissent une déviation plus ou moins grande, le rayon rouge subissant la réfraction la plus petite et le rayon violet la réfraction la plus grande, ce qui produit leur *séparation*. En employant une fente très étroite et plusieurs prismes (ou une grille à diffraction), on obtient un spectre pur ou une bande colorée d'une longueur considérable et dans laquelle les couleurs sont nettement séparées. C'est ainsi que Wollaston et, après lui, Frauenhofer ont montré que le spectre donné par la *lumière solaire*, bien qu'étant à peu près continu, ne l'est pas *tout à fait*, mais est croisé ou interrompu par plusieurs lignes minces et obscures, ou espaces vides. Lorsqu'on éclaire la fente par la flamme d'un bec de gaz ou d'une lampe, ces lignes ne sont pas visibles : on obtient alors un spectre continu, donnant les couleurs rouge, orange, jaune, verte, bleue, indigo, violette, bref ce qu'on appelle les sept couleurs de

l'arc-en-ciel. Nous voyons ainsi que les lignes obscures ne sont pas caractéristiques de la lumière blanche en général, mais seulement de la lumière solaire. Il a été montré que les étoiles les plus éclatantes donnent, comme le Soleil, des spectres contenant des lignes obscures quelque peu analogues, mais variant d'une étoile à l'autre. En sautant plusieurs phases aux cours desquelles la signification de ces lignes, connues universellement sous le nom de lignes de Frauenhofer, a été peu à peu mise en lumière, nous arrivons aux travaux de Kirchhoff et Bunsen. Ces physiciens ont montré qu'un spectre continu est donné par tout corps incandescent dont les molécules sont pressées les unes contre les autres, au point de ne pouvoir vibrer librement, de même que par des solides, des liquides ou des gaz sous haute pression. Une substance gazeuse sous basse pression donne un spectre *discontinu*, ne contenant que peu de lignes brillantes, ces lignes étant caractéristiques pour chaque substance élémentaire, et aussi pour certains composés. Une substance gazeuse n'absorbe, de la lumière blanche qui la traverse, que les rayons qu'elle émet elle-même, lorsqu'elle est chaude. C'est ainsi que le spectre de la lumière blanche, après le passage de celle-ci à travers de la vapeur de sodium, présente deux lignes obscures très distinctes dans le jaune, le sodium *incandescent* émettant précisément de la lumière jaune qui, examinée au spectroscope, montre exactement la même réfrangibilité. On a découvert de la sorte qu'il existe, quelque part entre la surface lumineuse du Soleil et la Terre, de nombreuses vapeurs d'éléments bien connus qui forment les lignes « obscures » de Frauenhofer. En appliquant le spectroscope aux nébuleuses et aux essaims, ce qui n'est pas sans présenter certaines difficultés, à cause de leur faible luminosité, feu Sir William Huggins, qui a été appelé, non sans raison, le « Herschell de la spectroscopie », a trouvé que les premiers de ces corps donnaient des spectres composés de cinq ou six lignes brillantes indiquant la présence de magnésium, d'hydrogène et d'autres substances, toutes renfermant l'hypothétique *nebulium,* sous une très basse pression et à l'état de grande raréfaction. Quelques-unes des nébuleuses cependant, telles que la grande nébuleuse d'Andromède, ont donné jusque dans ces derniers temps un spectre continu, où il n'y avait ni lignes ni bandes, soit brillantes, soit obscures. Mais au cours de ces deux dernières années, le D.r Fath, de Posadena, a obtenu des « spectrogrammes » de la nébuleuse d'Andromède, montrant des indications de lignes obscures dues probablement à l'absorption et correspondant à celles du spectre solaire: tout récemment, il a eu l'amabilité d'adresser à l'auteur de cet article une reproduction de ces spectrogrammes, où apparaissent également des traces d'autres lignes, plus faibles. Aussi pense-t-il que le spectre continu de cette nébuleuse (ou du moins de sa por-

tion centrale) est donné par « un essaim non dissocié, composé surtout d'étoiles du type solaire », et que « pas une nébuleuse spirale ne donne un spectre réellement continu ». Des essaims et des nébuleuses résolvables donnent des spectres analogues à ceux des étoiles, mais les nébuleuses irrésolvables donnent en général soit des lignes brillantes soit des spectres continus non caractérisés. L'application de la photographie au procédé spectroscopique a permis d'obtenir, au cours de ces dernières années, plusieurs spectrogrammes d'étoiles et de nébuleuses plus brillantes, et ces spectrogrammes ont fourni des renseignements qui ne sont pas encore utilisables à l'heure qu'il est.

Nous avons déjà fait allusion aux changements survenus dans la manière de voir relative aux distances qui séparent ces corps de notre système. Bien que l'œuvre de Sir William Herschell fût restée longtemps incomprise, nous ne nous en approchons pas moins de la dernière manière de ce savant qui est arrivé, vers la fin de sa vie, à des conclusions diamétralement opposées à celles qu'on lui attribue généralement. C'est ce qui a été mis en évidence par feu M. Proctor qui a été amené lui-même, s'appuyant sur ses remarquables idées personnelles, à rejeter plus d'une erreur de la cosmogonie Laplacienne. A la suite d'un examen des plus minutieux de la distribution relative des nébuleuses et étoiles, Herschell est arrivé à cette conclusion que les premières sont probablement séparées de notre système par la même distance moyenne, et chaque nouvelle découverte n'a fait que confirmer cette opinion. Les bandes de nébulosité que la photographie nous révèle comme attachées aux Pléiades, les étoiles nébuleuses découvertes par Herschell et les nombreuses nébuleuses ayant chacune une étoile disposée exactement dans leur centre, — tout ceci nous autorise à croire que dans chaque cas la nébulosité accompagne réellement l'étoile. Un autre fait général et intéressant, relatif à leur distribution, consiste dans leur tendance curieuse et apparente à éviter les régions où les étoiles présentent les amas les plus denses. « D'une façon générale, les étoiles se réunissent de préférence dans la Voie Lactée ou dans son voisinage; il en est de même des essaims, mais les nébuleuses se massent plus particulièrement dans les régions aussi éloignées que possible de la Voie Lactée.... Il y a là une *certaine* relation, bien que ce soit une relation d'opposition. Il se peut que les étoiles s'accumulant dans la nébulosité environnante lui impriment des propriétés qui la font disparaître de leur voisinage » (Young). En 1889, Sir W. Huggins a obtenu une photographie montrant quelques 25 lignes nettement définies dans le spectre de la grande nébuleuse d'Orion, ainsi que dans le spectre des étoiles du trapèze contenu dans la nébuleuse. Dans les spectres de ces étoiles, et jusqu'à une certaine distance de celles-ci, on peut tracer

dans la nébuleuse quatre groupes au moins de lignes brillantes montrant (Huggins) que « les étoiles du trapèze ne présentent pas seulement des connexions optiques avec la nébuleuse, mais s'y rattachent aussi physiquement et résultent probablement de la condensation de la matière gazeuse des nébuleuses ». Dans les deux remarquables régions du ciel Austral, connues sous les noms de grand et de petit nuage magellanique (Nubeculae Major et Minor), étoiles, essaims d'étoiles et innombrables nébuleuses sont tellement mélangés les uns aux autres qu'il est impossible de se rendre compte de leurs distances reciproques réelles. « Des essaims globulaires et des nébuleuses de forme elliptique régulière, relativement rares dans la Voie Lactée, se trouvent ici agglomérés et indistinctement mélangés à l'ensemble général des étoiles et à des nébuleuses irrégulières, mais petites » (Sir J. Herschell).

Parmi les essaims et groupes d'étoiles remarquables, on en a trouvé quelques-uns animés de ce qui apparaît comme une communauté de mouvement propre, lequel semble indiquer qu'il existe entre eux une connexion, de nature encore inconnue, due à une force dont l'action se manifeste d'une façon plus puissante et à des distances plus grandes que celle de la gravitation. Parmi ces systèmes, nous devons accorder la première place au groupe des Pléiades. Nous trouvons ici de nombreuses étoiles ayant une constitution chimique identique, entourées et enveloppées par de la matière nébuleuse; la plus grande partie de celle-ci est restée longtemps insoupçonnée; elle n'a été découverte qu'à la suite de longues séances photographiques, dont quelques-unes ont duré plusieurs heures, et elle est invisible à l'œil, même à travers le télescope le plus puissant. Nous avons plus d'une raison de croire que ces corps forment un système qui tourne autour d'un point situé dans leur orbe central Alcyone ou dans son voisinage; et bien que nous puissions rejeter l'opinion de Mädler, d'après laquelle *cette* étoile serait le Soleil central autour duquel tournent toutes les étoiles, y compris notre Soleil à nous, il n'en pas moins très probable qu'elle est le centre d'une famille d'orbes considérable. Les cinq étoiles de la Grande Ourse (β, γ, δ, ϵ, ζ), dont la communauté de mouvement a été mise en évidence il y a 40 ans par M. Proctor, qui a donné à ce phénomène le nom de troupeau d'étoiles, ne se meuvent pas seulement ensemble, mais leur constitution chimique, telle que la révèle le spectroscope, est également identique. Les docteurs Ludendorff et Herzsprung ont montré que Sirius, la plus brillante des étoiles de notre ciel, β Aurigae, δ Leonis, 37 Ursae Majoris et α Coronae Borealis sont également membres de cette famille. Ces dix étoiles apparaissent comme réunies ensemble et disposées à peu près sur le même plan et en ligne droite, bien que les distances qui séparent les membres les uns des autres ne soient probable-

ment pas inférieures à celles qui les séparent de notre système solaire. Le professeur Lewis Boss a découvert dans Taurus un essaim mobile composé de quelques-unes des Hyades. Il a examiné leurs mouvements pendant plus de 25 ans et les a trouvées à peu près identiques, quarante au moins d'entre elles ayant des directions de mouvement convergeant vers un point commun, quoique très distant, « que leurs vitesses apparentes leur permettront d'atteindre presque simultanément après un laps de temps de quelques 65 millions d'années ! ». La vitesse moyenne de l'essaim a été évaluée à 40 kilomètres environ par seconde, et la parallaxe moyenne à 0″.025 (Küstner donne pour sa distance par rapport à notre système une valeur trente fois supérieure à celle qui nous sépare de l'étoile la plus rapprochée d'Alpha Centauri). Milddington a signalé un essaim d'étoiles mobile, du type Orion, dans Perseus. Soixante étoiles de cette constellation présentent à peu près le même mouvement, aussi bien en ce qui concerne l'amplitude qu'au point de vue de la direction, et forment ainsi un groupe.

Des questions intéressantes ont surgi, relatives à la stabilité de certaines conformations, et plus particulièrement à celle des essaims globulaires réguliers, et il n'est pas difficile de montrer que « un espace globulaire, rempli d'étoiles identiques et très nombreuses, s'attirant les unes les autres selon la loi de la gravitation », formera un système dont chaque membre subira l'action d'une force résultante, dirigée vers le centre de la sphère et dont l'amplitude sera directement proportionnelle à la distance de ce membre (Newton). Sous l'action d'une pareille force résultante, chaque étoile particulière décrira autour du centre une ellipse parfaite, quelle que soient la planète dans laquelle elle est située et la direction dans laquelle elle se déplace. Chaque ellipse restera invariable quant à sa forme et à ses dimensions, chacune sera décrite au bout du même laps de temps, de sorte qu'à la fin de chaque période chaque membre du système se trouvera, par rapport à tous les autres, exactement dans la même position qu'au début et décrira le même trajet pendant un nombre indéfini de siècles. Un système dont les membres soient suffisamment distants les uns des autres, pour que leurs orbites ne se coupent pas, peut exister et réalise un état d'harmonie idéale qui dépasse même les conditions harmonieuses de notre système solaire, et cela sans un « Soleil Central » prépondérant. Mais un pareil état de choses semble plutôt rare, car, bien qu'on connaisse de nombreux essaims globulaires *à peu près* parfaits, la plupart d'entre eux présentent des contours plutôt irréguliers, quelques-uns étant allongés ou ovals, d'autres fusiformes, d'autres encore, et c'est la majorité, ayant un aspect franchement irrégulier. L'aspect des vraies Nébuleuses est infiniment plus varié. Les plus petits de ces corps sont souvent elliptiques, par-

fois plus ou moins circulaires; lorsque les nébuleuses présentent une apparence à peu près uniforme, on les appelle souvent « nébuleuses planétaires », d'autres, ayant un centre obscur, sont connues sous le nom de nébuleuses annulaires, dont la plus belle est la nébuleuse bien connue de la Lyre qui peut probablement être considérée comme un type spécial de la forme spirale (See). Cette dernière forme est peut-être la plus commune de toutes, bien qu'elle n'ait été découverte qu'à une époque relativement récente et qu'elle exige habituellement une puissance optique considérable, grâce à laquelle on a pu se rendre compte que nombre d'objets bien connus qu'on ne croyait pas appartenir à cette forme présentent une structure spirale (c'est ainsi que la grande nébuleuse d'Andromède, à laquelle on attribuait primitivement un aspect elliptique ou fusiforme, s'est révélée, sur les photographies du Dr. Isaac Roberts, comme ayant la forme spirale). Beaucoup des nébuleuses les plus grandes et les plus brillantes ont une forme absolument irrégulière, telles la grande nébuleuse d'Orion, la nébuleuse qui entoure Eta Argus (parfois connue sous le nom de η Carinae), la grande nébuleuse America etc. On sait que l'éclat d'un certain nombre de nébuleuses varie quelque peu de temps à autre, mais il est assez difficile de dire si des changements de forme ou de position ont jamais été constatés avec certitude, car le même objet, vu à travers différents télescopes, présenta des aspects tellement variés qu'il est impossible de se fier aux divergences présentées par les dessins, lorsque ces divergences ne sont pas attestées par des « mesures ». Les photographies méritent plus de confiance, et en comparant un certain nombre de photographies prises à des intervalles considérables, on peut espérer arriver à une solution satisfaisante de la question.

Nous avons déjà dit que les raisons de supposer que les essaims et les nébuleuses ne sont pas des « Voies Lactées » situées bien au-delà de la Galaxie où est placé notre Soleil, ont déjà été notées implicitement par Sir William Herschell il y a plus d'un siècle, et dans un mémoire sur l'*Hypothèse Nébulaire,* publié en 1858, le philosophe Herbert Spencer avait insisté sur ce fait que « les régions les plus pauvres en étoiles sont situées près de celles qui sont le plus riches en nébuleuses ». Il voulait faire ressortir par là l'étroite connexion qui existe entre ces deux ordres d'objets, mais une carte tracée par feu M. Proctor a donné de ce fait une preuve concrète; cette carte montre en effet la « zone de dix nébuleuses », la grande zone vacante qui s'étend le long de la région de la Voie Lactée, ainsi que le courant de nébuleuses de l'Hémisphère Austral, se dirigeant et se terminant dans la Nubecula Major. Une carte ultérieure, établie par M. M. Proctor et Sidney Waters et montrant sur une vaste échelle la distribution dans le ciel d'essaims d'étoiles et de nébuleuses, fait ressortir d'une façon remar-

quable l'association de courants et d'essaims de nébuleuses que Sir J. Herschell avait classés comme *irrésolvables,* avec ceux qu'il a rangés parmi les *résolvables,* et cela de façon à rendre probable le fait qu'ils forment des systèmes distincts de ceux qui se trouvent seulement en association intime avec la distribution des étoiles lucides ou plus brillantes, tandis que les vastes et irrégulières nébuleuses gazeuses, souvent associées à des essaims d'étoiles, sont groupées le long de la Voie Lactée à laquelle elles semblent rattachées intimement.

Le D.r Gould avait émis cette idée que le Soleil lui-même est un membre d'un essaim stellaire, composé de 400 à 500 étoiles et subordonné au principal système de la Voie Lactée. Il est vrai que cette idée n'a pas obtenu l'assentiment de la plupart des astronomes qui penchent plutôt pour l'hypothèse de Kapteyn. Mais c'est là une question qui dépasse le cadre de notre discussion.

Dans l'hypothèse nébulaire de Laplace, acceptée plutôt sur l'autorité de son auteur qu'à cause de sa probabilité intrinsèque, il est supposé que notre système a évolué à partir d'une nébuleuse sphéroïdale gazeuse, en état d'équilibre hydrodynamique, et tournant dans sa totalité. Laplace avait pensé que cette nébuleuse étant sphéroïdale, des anneaux devaient s'en détacher à de certains intervalles et se condenser en planètes et satellites, comme nous en voyons actuellement. Déjà dans notre *Évolution Stellaire* (« Scientia », Janvier 1911) et ailleurs nous avons montré combien il était improbable qu'une pareille masse tournât dans sa totalité, sa densité étant si infinitésimale. D'autres objections encore ont été opposées à l'hypothèse de Laplace, sur lesquelles il est inutile d'insister ici. Mais il est permis de supposer que si Laplace avait connu l'existence de nébuleuses spirales, son hypothèse aurait pris une forme bien plus satisfaisante. Alors qu'on n'a découvert aucune nébuleuse qui ressemble, même de loin, à la « nébuleuse sphéroïdale gazeuse » que Laplace supposait être le précurseur de notre système, les nébuleuses spirales de toutes dimensions et à toutes les phases existent en revanche en nombre incalculable.

Nous terminerons cette revue par un bref exposé des idées du professeur See relatives à la nature et à la distribution d'essaims et de nébuleuses. Son grand ouvrage sur l'évolution des systèmes stellaires marque une époque nouvelle dans l'histoire des idées cosmogoniques, en ce qu'il substitue une hypothèse exacte et raisonnée aux spéculations effrénées, et c'est peut-être à lui, plus qu'à tout autre astronome vivant, que nous devons notre émancipation des notions grossières d'une époque antérieure. Les travaux de Herschell l'ont conduit à postuler l'existence d'une force de groupement, de même nature que la gravitation, qui dissocie la Voie Lactée et a déjà donné ce grand arc de lumière, cet aspect qui est

plutôt celui d'une série d'essaims que celui d'une bande uniforme de lumière lactée. Les essaims d'étoiles tendent également à former des figures globulaires et augmentent de densité vers leurs centres respectifs, et il est prouvé que la même tendance se manifeste dans les nébuleuses, dont quelques-unes semblent formées d'enveloppes sphériques et concentriques, d'un éclat uniforme, mais qui s'accumulent vers le centre, de façon à présenter une augmentation progressive de densité, ayant son maximum au niveau du noyau qui est souvent occupé par une étoile nébuleuse. En renversant cette argumentation, nous obtenons aussitôt une preuve compréhensive de l'action universelle des forces de répulsion; car, si des forces centrales produisent la condensation symétrique observée, il est évident que la matière actuellement condensée était antérieurement diffuséé d'une façon à peu près uniforme autour de ces centres et n'a pu acquérir cet arrangement dans l'espace que grâce à l'accumulation de matière venue de toutes les directions. Il en résulte qu'à une période antérieure la matière a été expulsée par des étoiles occupant toutes les directions dans la couche générale de la Voie Lactée. L'action de forces répulsives fournies par la couronne solaire, les phénomènes de queues de comètes et autres sont ainsi entretenus par d'autres forces ayant leur source dans le monde sidéral. Ces forces répulsives expulsant des étoiles la « poussière » destinée à former les nébuleuses, celles-ci se grouperont plus spécialement dans des régions vacantes ou dans des espaces éloignés des étoiles et s'accumuleront avec une densité particulière dans le voisinage des pôles de la Voie Lactée. C'est ainsi que se sont formés les grands voiles de nébuleuses de chaque côté de la Galaxie. Les poussières réunies en nébuleuses se développant lentement en étoiles, celle-ci retournent dans la couche stellaire centrale de la Voie Lactée, tandis que des nébuleuses nouvelles prennent leur place, de sorte que l'« arrangement par opposition », avec des nébuleuses de chaque côté de la couche stellaire, est maintenu par un processus de lente circulation. Cette dispersion primitive de poussières par les étoiles et leur accumulation inévitable en nébuleuses de figure asymétrique qui peu à peu se tassent et se replient, produisent un mouvement tourbillonnaire dans le voisinage du centre de la nébuleuse lequel devient un Soleil; quant aux planètes survivantes qui circulent autour de lui, leurs orbites diminuent d'étendue et se trouvent réduites à des cercles à peu près parfaits sous l'action du milieu résistant (les parties non absorbées des poussières dont nous avons parlé plus haut etc.). D'une façon générale, les nébuleuses spirales, dont aucune ne possède une figure géométrique exacte, sont nées probablement de la fixation et de l'enroulement de deux ou plusieurs courants. Quelquefois les courants peuvent s'enrouler de façon à produire des nébuleuses spi-

rales, dans le genre de celle de la Lyre. Lorsque les éléments se rencontrent en venant de directions suffisamment symétriques, ils forment une nébuleuse planétaire.

On avait prétendu jadis que les nébuleuses étaient des *figures d'équilibre,* à une température élevée et sous pression, mais un calcul très simple a montré que l'équilibre en question n'existait pas et les résultats de la spectroscopie ont infligé un démenti aux idées relatives à la température et à la pression.

Les dimensions et les volumes des nébuleuses sont souvent tellement énormes que, quoiqu'on puisse affirmer relativement à leur distance, leurs densités doivent naturellement être faibles. C'est ainsi qu'en admettant que la nébuleuse Orion ne soit qu'une masse sphérique d'un tiers de degré (20′ de diamètre, avec une densité moyenne qui ne représente qu'un millionnième de la densité de l'air au niveau de la mer), elle est en réalité beaucoup plus grande à une distance de l'étoile la plus rapprochée et est capable d'imprimer à notre Soleil une vitesse supérieure à 106 milles par seconde (vitesse infinie) ou de le forcer à se mouvoir le long d'une orbite circulaire à une vitesse de 75 milles par seconde. Une pareille vitesse imprimerait aux étoiles disposées dans le voisinage un mouvement annuel propre de plus de 25″; mais au lieu de cela, les étoiles qui se trouvent dans le voisinage immédiat de cette nébuleuse ne présentent guère de mouvement propre perceptible, et il en est de même des étoiles voisines des nébuleuses de Pléiades et autres.

C'est ainsi que du faible mouvement moyen propre des étoiles situées dans son voisinage, nous pouvons conclure avec certitude que la densité moyenne de la nébuleuse d'Orion *ne peut dépasser la 10.000.000.000ᵉ partie de celle de l'air au niveau de la mer !* Ceci correspondrait à peu près à la densité moyenne de la masse nébuleuse solaire que Laplace avait imaginée, en supposant qu'elle a été sphérique, avec un rayon d'environ 107 unités astronomiques (3 fois et demie environ la distance de Neptune). Une densité aussi infinitésimale devrait exclure l'idée d'une pression hydrostatique entre ses différentes parties, puisqu'elle est mille fois plus faible que celle du « vide le plus parfait » obtenu jusqu'à ce jour. L'analogie entre les nébuleuses et les comètes ne se borne pas à une simple similitude portant sur l'apparence extérieure. Ces dernières présentent souvent un volume considérable, et leur éclat incroyable constitue, dans une certaine mesure, un effet de luminescence ou d'une excitation électrique; elles présentent, dans notre système, la « meilleure illustration de ce qu'est réellement la nébuleuse moyenne ! » C'est au professeur Fowler et autres (« Scientia », 1912) que nous devons d'avoir mis en évidence l'unité chimique essentielle du Cosmos; ils l'ont fait en se basant sur les résultats de l'analyse spectrosco-

pique, et l'astronomie moderne a établi de nombreuses connexions entre toutes les classes de corps célestes. Mais il reste encore beaucoup à faire, et l'esprit humain aura encore beaucoup de mystères à déchiffrer, de sorte que la science ne cessera pas de si tôt de présenter le charme de la jeunesse et de la nouveauté.

Walthamstow.

† F. W HENKEL

(Traduit par M. le Dr. S. Jankelevitch - Paris).

REVUE GÉNÉRALE DE PSYCHIATRIE

NOUVEAUX PROBLÈMES DE LA PSYCHIATRIE EN ALLEMAGNE.

Les travaux si importants de Kraepelin ont imprimé à la psychiatrie allemande une transformation radicale. Les anciennes constructions relatives aux faits psycho-pathologiques et qui n'étaient que des conclusions unilatérales tirées des théories sur les localisations cérébrales, ont dû, à la suite de ces travaux, céder la place à la *description* psychologico-clinique poursuivant une fin immédiate, d'ordre *pratique* et *pronostique,* sans s'embarrasser d'un parti-pris théorique. C'est ainsi qu'on a vu apparaître de nouveaux tableaux nosologiques et cliniques, nés non des abstractions du psychologue-théoricien ou des hypothèses sur les localisations formulées par les névrologistes, mais de l'observation impartiale, systématique qui, au lieu de s'accrocher à des états isolés, s'étendaient à toute la durée de la vie des malades. Pour cette observation, tous les matériaux présentaient une valeur égale, étaient également dignes d'être enregistrés, depuis le contenu des illusions sensorielles jusqu'à celui du registre des punitions, depuis le tonus musculaire jusqu'à la modification des cellules de l'écorce cérébrale. Les points de vue qui ont présidé au *classement* de l'énorme quantité de matériaux ainsi obtenus étaient purement extérieurs: on se maintenait tout à fait et intentionnellement dans le domaine heuristique, sans viser à jeter les bases d'une synthèse théorique; on considérait comme formant un ensemble, une « unité morbide », tout ce qui, d'après l'expérience, présentait des analogies au point de vue des symptômes, de l'évolution, des causes et des lésions cérébrales. Les limites de ces analogies s'étendaient d'ailleurs assez loin, et le point de vue restait le même, alors même que les analogies en question existaient dans certains groupes symptomatiques et étaient absents dans

d'autres; la raison de l'existence de ces analogies ne formait pas encore au début un problème accessible à l'investigation. Les unités morbides n'étaient pas des réalités: elles n'étaient que des points de vue fournis par la pratique clinique pour le classement des matériaux. C'est ainsi que l'ère inaugurée par Kraepelin se range, comme l'époque de la recherche nosologique et clinique, à la suite des deux époques précédentes de la science psychiatrique: celle des théories psychologiques constructives et celle des théories basées sur la pathologie cérébrale et sur la psycho-physique.

La psychiatrie nouvelle elle-même, celle qui s'est constituée après les travaux de Kraepelin, se maintient encore dans une attitude hostile à l'égard de la théorie. La tâche qui lui incombait était grande et difficile: il s'agissait de soumettre à la revision et à l'épreuve, et cela indépendamment des besoins momentanés de la pratique clinique, tous les nouveaux matériaux, avec leurs classements nouveaux, qui faisaient partie du trésor de l'expérience Kraepelinienne. La coordination des phénomènes constatés chex le malade vivant et sur le cadavre doit se faire d'après des raisons intrinsèques, et non tirées de points de vue correspondant à des fins occasionnelles et extérieures. La loi interne qui rattache nécessairement les uns aux autres aussi bien les phénomènes et les ensembles psychotiques particuliers, que les évolutions particulières et les types histo-pathologiques, cette loi, disons-nous, doit être découverte pour chacun de ces domaines partiels. C'est ainsi que l'époque actuelle de la psychiatrie apparaît comme une ère de recherche *méthodique* qui, tout en explorant chaque domaine partiel indépendamment de tous les autres et à l'aide de méthodes élaborées spécialement pour chacun d'eux, n'en vise pas moins à réunir en dernier lieu tous ces travaux particuliers dans le cadre systématique d'une synthèse scientifique. Au lieu de présenter un caractère clinique et nosologique, cette synthèse sera alors nécessairement de nature pathogéniqne.

Certes, toutes les branches particulières de la recherche psychiatrique travaillent au début, sans s'occuper les unes des autres, à l'aide de méthodes adaptées aux fins particulières de chacune d'elles. C'est pourquoi aussi les progrès réalisés ne sont pas partout les mêmes. Les plus considérables sont ceux qui ont été accomplis dans le domaine des recherches histo-pathologiques de l'écorce cérébrale: sous la direction de Nissl, Alzheimer et leurs élèves, ce domaine, à peu près inaccessible il y a quelques années seulement, a été exploré de telle sorte que nous possédons aujourd'hui, pour un grand nombre de psychoses, des explications qui dépassent de beaucoup les besoins diagnostico-cliniques de l'ère de Kraepelin. Un progrès tout aussi considérable a été accompli dans l'*étude des localisations* que Brodmann a su soustraire aux dogmes

psycho-physiques, en délimitant et en juxtaposant, à la suite de ses recherches d'anatomie comparée, les *types structuraux morphologiquement identiques* des différentes régions de l'écorce cérébrale. Vint ensuite Nissl qui, suivant des voies expérimentales nouvelles, a établi, du moins en ce qui concerne le cerveau du lapin, des rapports entre les délimitations ainsi obtenues par l'anatomie descriptive et les régions correspondantes du tronc cérébral, et plus particulièrement les noyaux du thalamus opticus. Il réussit même à déterminer quelles sont les couches de l'écorce qui présentent avec ces noyaux et, par conséquent, avec la périphérie du système nerveux des rapports anatomiquement démontrables. On peut dire d'une façon générale que des méthodes nouvelles et plus perfectionnées et des façons plus critiques de poser les questions ont conduit à des résultats nouveaux et positifs dans un domaine où tout avait été jusqu'alors basé sur les constructions théoriques localisatrices, sur la préparation fibro-médullaire grossière et incertaine et, dans le cas le plus favorable, sur l'expérience physiologique aux interprétations multiples.

Dans la mesure où la localisation de phénomènes psychiques dans des régions déterminées du cerveau pouvait se faire sans le secours de dogmes théoriques, par l'observation pure et par l'analyse, elle a été réalisée par les recherches de Liepmann qui, en continuant les grandes découvertes de Wernicke et en évitant ses dogmes constructifs, a pu soumettre à une élucidation critique la théorie des aphasies, en la transformant d'une façon qu'on peut trouver satisfaisante au point de vue psychologique. Il a réussi le premier à rendre également accessible à une profonde analyse psychologique et à une explication cérébro-pathologique les troubles de l'action spontanée et du mouvement intentionnel: la théorie des troubles *apraxiques* est aujourd'hui en pleine élaboration. Ici encore de nouvelles méthodes ont fourni à la recherche des résultats nouveaux et importants. Et si dans les tentatives qu'il fait de nos jours d'étendre ces modes de recherche à toutes les anomalies motrices qu'on observe dans les maladies mentales, Kleist ne peut encore pas s'abstraire des constructions de Wernicke (constructions magistrales, il est vrai, mais constructions tout de même), cela prouve seulement la hardiesse d'un mode de recherche qui compte déjà à son actif tant de succès.

D'une sûreté méthodique moindre, mais, aussi, bien moins concluantes, sont les recherches sur les éléments du mouvement simple et sur les états de la musculature (surtout en ce qui concerne les différents phénomènes de rigidité dans les maladies mentales) que Rieger d'abord, Sommer et Isserlin ensuite ont instituées en dehors de toute présupposition théorique, à l'aide de nouvelles méthodes expérimentales. D'autres *phénomènes corporels, concomittants* de trou-

bles mentaux, ont encore été soumis à une investigation méthodique nouvelle et plus exacte. C'est ainsi que Bach et Bumke ont examiné avec beaucoup de succès les symptômes *pupillaires;* que Gregor et d'autres ont utilisé expérimentalement le phénomène connu sous le nom de *réflexe psychogalvanique* pour la détermination d'oscillations affectives; et un vaste champ d'activité s'ouvre encore pour les méthodes élaborées par Weber et Sommer.

L'investigation *pathogénique* proprement dite est, elle aussi, en train d'avancer progressivement. Certes, les recherches chimiques portant sur le *processus d'assimilation* dans les psychoses n'ont pas donné beaucoup de résultats, et cela malgré les travaux consciencieux de Kauffmann et d'autres, et la même remarque s'applique surtout à la *chimie du cerveau* (Allers). En revanche, l'*examen physique du cerveau* a abouti à des résultats plus positifs, en ce sens qu'il a montré que le quotient exprimant le rapport entre le poids du cerveau et la capacité crânienne fournit un indice qui, constant à l'état normal, subit dans les processus à marche aiguë ou subaiguë des modifications déterminées (Reichardt). Les recherches *sérologiques* et *biologiques* ont également fourni une riche moisson de données qui, sans se prêter encore à une appréciation univoque, n'en ont pas moins conduit à des conclusions importantes concernant l'étiologie et la pathogénie d'un grand nombre de types morbides. Le liquide céphalo-rachidien a été examiné au point de vue de sa constitution cellulaire et de sa teneur en albumine (Nissl), au point de vue des substances précipitables par le sulfate d'ammoniaque (Nonne), au point de vue de sa propriété de précipiter les solutions d'or colloïde (Lange), et à l'égard de la réaction dite de Wassermann: toutes ces recherches ont fourni la possibilité de diagnostiquer *intra vitam* et de distinguer les uns des autres, même en l'absence de tout autre symptôme somatique, les troubles psychiques reposant sur des altérations cérébrales plus grossières, « organiques ». La réaction de Wassermann dans le sérum du sang a encore rendu de précieux services en permettant d'établir l'étiologie d'un certain nombre d'idioties congénitales. On peut enfin, au sujet des nouvelles recherches sérologiques d'Abderhalden, exprimer l'espoir qu'elles aboutiront à la découverte directe des rapports existant entre un grand nombre de troubles psychiques, d'une étiologie obscure, d'un côté, et des anomalies fonctionnelles, non démontrables anatomiquement, des glandes génitales et d'autres organes à sécrétion interne, de l'autre.

Si dans tous ces domaines les recherches spéciales méthodiques avancent continuellement, il en est de même de ces branches de la recherche pathogénique qui ont pour objet les rapports entre les formes psychotiques et les *facteurs sociaux.* Ce qui est nouveau dans ce domaine, ce sont avant tout les recherches systématiques

sur les psychoses qui accompagnent la détention pénale ou préventive, recherches que les travaux de Ruedin, Siefert, Wilmanns et Homburger ont menées à bien. Quant à l'action inverse des éléments psychotiques sur les conditions sociales, elle se trouve (abstraction faite de l'énorme littérature criminaliste et de tous les travaux casuistiques et théoriques) documentée abondamment et avec un réel profit pour la psychiatrie scientifique par les recherches de Bonhoeffer et Wilmanns sur les vagabonds. Par contre, les recherches étiologiques sur l'hérédité n'ont pas produit en Allemagne de travaux marquants.

Les recherches sur les *modes d'évolution* des différentes formes de l'aliénation mentale se trouvent actuellement dans un état assez chaotique. Là où il était possible de réduire les différentes variétés de psychoses à des variétés de constitutions et de caractères psychiques et de déduire pour ainsi dire celles-là de celles-ci, on se trouvait en possession de points de vue précieux pour une synthèse qui ne fût pas seulement extérieure. Sous ce rapport, nous devons citer les travaux de Birnbaum sur les psychoses des psychopathes accompagnées d'opinions fausses et ceux de Reiss sur la folie maniaque-dépressive. Bonhoeffer a pu, de son côté, opérer la dissociation symptomatologique des psychoses exogènes aiguës. D'autre part, Urstein, s'appuyant sur de nombreux matériaux fournis par l'observation, a essayé de démontrer que dans la plupart des cas la folie maniaco-dépressive n'est qu'une des phases d'évolution de la démence précoce, psychose progressive qui ne résulte pas, psychiquement parlant, du caractère de la personnalité, et aboutit à la suppression complète de la vie psychique, à l'« état de démence finale ». Dans trois ouvrages importants, il élargit le domaine de la démence précoce, c'est-à-dire de ce processus psychotique progressif qui s'accompagne d'une modification de toute la personnalité, au point d'y introduire un grand nombre de psychoses qui en ont été jusqu'ici séparées. Au point de vue méthodologique, il a suivi la même voie que celle qui a conduit la vieille psychiatrie à la conception de la « psychose unique » de Neumann et Arndt, psychose dont les multiples formes particulières n'étaient qu'autant de variations individuelles. Ce fut un grand progrès, lorsque Bleuler avait essayé de donner une base générale à ce groupe psychotique qu'est la démence précoce, auquel il avait manqué jusqu'alors d'être réduit à des principes psychologiques communs; et il le fit en essayant d'expliquer les symptômes psychiques essentiels qui caractérisent cette psychose par la théorie de l'altération *schizophrénique* de la personnalité. Certes, cette théorie de Bleuler présente encore des lacunes, en ce qu'elle nous aide moins à comprendre l'évolution et la clinique de ces psychoses qu'à expliquer un certain nombre de rapports psychopathologiques particuliers; elle n'en constitue pas

moins un progrès considérable par rapport à la description clinique à laquelle on avait recours jusqu'alors et qui ne s'en tenait pour ainsi dire qu'à la surface extérieure des processus psychiques des malades.

Si la conception de Bleuler nous fait ainsi abandonner le domaine de la clinique pour celui de la symptomatologie, la considération théorique nous montre à son tour que c'est ici, dans la recherche symptomatologique, que nous devons chercher la clef qui nous permettra de résoudre à l'avenir le problème des unités morbides et de leur loi interne. Lorsqu'on a su s'émanciper du dogme, aujourd'hui presque complètement disparu, d'après lequel il ne fallait voir dans les phénomènes psychiques que des signes accidentels et insignifiants, incapables de nous fournir le moindre renseignement sur la nature de l'affection cérébrale qui en forme la base; lorsqu'on a réussi, disons-nous, à dépasser ce dogme primitif, on doit s'efforcer tout naturellement, à l'aide d'une *recherche psychologique exacte des symptômes,* à se rendre compte si et comment les phénomènes psychiques particuliers de l'aliénation se rattachent aux mêmes fonctions psychologiques fondamentales et aux mêmes anomalies fonctionnelles: et la même maxime de recherche psychologique vaut également pour les *rapports* réciproques que présentent entre eux les phénomènes psychotiques. Le problème qui se pose ici consiste donc à réduire toutes les manifestations psychotiques partielles de cas et types particuliers à leurs unités dernières et irréductibles au point de vue psychologique. Le fait de savoir dans quelle mesure ces unités ainsi trouvées des faits psychotiques constituent l'expression directe ou indirecte d'une *unité morbide* réelle, — ce fait, disons-nous, se présente comme un problème qu'une synthèse future de *toutes* les branches particulières de la recherche sera seule à même de résoudre.

La recherche symptomatologique ne peut pas compter sur les méthodes psychologiques *expérimentales,* et cela pour la raison bien simple que le porteur d'une maladie mentale est, d'une façon générale, incapable de satisfaire aux exigences que doit remplir un sujet d'expérience. Les méthodes expérimentales et statistiques de l'examen de la mémoire et de l'intelligence ont d'ailleurs été empruntées à la psychologie normale et se sont montrées, dans certaines limites toutefois, assez fécondes. L'analyse psychologique des symptômes donne des résultats plus importants et plus originaux, toutes les fois qu'il s'agit non d'anomalies *fonctionnelles* psychiques, mais d'*expériences* psychiques anormales du malade. Dans ce dernier ordre de recherches, deux voies ont été suivies: celle de la réduction génétique du *contenu* de la vie pathologique à l'action pathogénique de certains événements de la vie antérieure, et celle de la dissocia-

tion phénoménologique des *manières d'être* et des *formes* des faits de la vie pathologique.

A la première de ces directions se rattache le nom de M. Freud, et nous devons nous arrêter un peu pour apprécier le rôle de ce savant dont les théories sont si combattues, ainsi que celui de Breuer et de son école. Afin de mieux circonscrire le domaine auquel se rapportent ses recherches d'une si haute importance, nous ne devons pas nous borner à considérer les symptômes psychotiques au sens strict du mot; les symptômes, tels que les conçoit M. Freud, ce sont plutôt tous ces phénomènes qui s'échappent du cadre de la vie éveillée normale, dominée par la réflexion et par ses fins et dont le contenu est déterminé par le monde extérieur, par la société, par les devoirs et par les besoins. Ce sont ces phénomènes psychiques qui font souvent irruption dans notre vie éveillée, rangée et soumise à des fins et y apparaissent comme quelque chose d'inexplicable, sans rapport avec le reste. A ces phénomènes appartiennent les rêves, aussi bien ceux du sommeil que ceux de la vie éveillée. En font encore partie certains troubles inexplicables de notre activité intentionnelle, tels que l'oubli subit de mots et de noms, l'emploi d'un mot pour un autre dans la conversation et dans l'écriture, certains processus moteurs inaperçus et ne répondant à aucun but, etc. On peut encore ranger dans la même catégorie certaines formes de la productivité psychique, dans la mesure où celle-ci ne répond pas à des exigences sociales, mais constitue une fin en soi: les processus qui aboutissent à la production artistique et déterminent le contenu des œuvres d'art. On peut en dire autant des mythes, des contes, des représentations religieuses symboliques chez les peuples naïfs; cela est également vrai en ce qui concerne la formation du but sexuel (perversion au sens large du mot) et de l'objet sexuel adéquats et la genèse de l'attitude psychique qui s'établit à son égard à un moment donné. Et nous aurons terminé notre énumération en disant que Freud soumet à la même explication la genèse de contenus d'un grand nombre de symptômes psychotiques, tels que fausse opinion, hallucination, angoisse, contracture, paralysie, ainsi que la formation de mots d'esprit. Tous ces phénomènes de Freud ont ceci de commun qu'ils ne font pas partie du groupe de processus dominés par la réflexion, par la pensée éveillée, saine, concrète. Mais Freud leur trouve encore une communauté positive plus profonde dans leur genèse dynamiquement identique. Les contenus et symptômes qui naissent ainsi constituent pour lui des formations destinées à remplacer des expériences psychiques refoulées, impuissantes à s'imposer à la conscience. Il postule l'existence d'une source dynamique qui détermine et règle la pénétration de contenus psychiques dans la conscience. Il établit l'hypothèse d'après laquelle cette source de forces

serait capable de refouler ses énergies, à travers le domaine psychique tout entier, d'un contenu à l'autre. Il crée le principe régulateur de cette distribution d'énergie: la censure. Seuls les contenus pourvus de ces énergies psychiques sont à même de pénétrer dans la conscience; les autres, ceux que la censure avait privé de ces énergies, restent dans l'inconscient. Ils sont refoulés et incapables de s'imposer à la conscience. Les contenus pourvus d'énergie, qui paraissent à leur place, sont leurs symboles, dont l'apparition est provoquée par une parenté associative souvent fort éloignée et compliquée. Et en suivant ces associations en arrière, on doit pouvoir retrouver, derrière les contenus psychiques conscients et devenus manifestes, derrière ces symboles, les contenus refoulés, déterminants, à moins que la censure ne les refoule de nouveau dans l'inconscient, ne crée des obstacles, ne produise de nouveaux symboles, de l'ensemble desquels on finira par dégager, à l'aide d'une interprétation longue et pénible, le noyau étiologique. Ce sont ces procédés conduisant aux contenus refoulés de l'inconscient, c'est cette combinaison des tentatives d'association et de l'interprétation qui constitue la nouvelle méthode de Freud: la psycho-analyse.

La source dynamique de tous ces processus se trouve située, elle aussi, dans l'inconscient. Elle est constituée, d'après Freud, par des réminiscences angoissantes, par des contenus sexuels de la première enfance, par des désirs refoulés et enfin, d'après sa manière de voir la plus récente, par l'ensemble de la sexualité infantile qu'il généralise d'une façon singulière et dont toute l'activité volontaire ne se dégagerait que plus tard, à la suite d'une différenciation dynamique. Des luttes acharnées se livrent actuellement dans le camp des disciples de Freud autour de la justification de cette théorie du *libido*. Le plus doué d'entre eux, M. Adler, cherche à remplacer cette théorie par celle, plus vaste, du conflit entre le besoin de s'affirmer, inhérent à l'enfant, et la toute-puissance du monde extérieur, conflit qui provoque dans l'âme infantile toute une série de réactions symboliques de protestation et de défense. Il est encore impossible de se prononcer définitivement sur la valeur de ces deux théories; tout ce qu'on peut dire, c'est que si chacune d'elles présente des défauts et une certaine intransigeance dogmatique, l'une et l'autre n'en sont pas moins de nature à faciliter (bien que d'une façon dont la valeur scientifique est encore douteuse) l'intelligence des rapports qui existent entre les faits de la vie psychotique.

La *deuxième* voie de la symptomatologie moderne est celle de la recherche *phénoménologique* ou *pathopsychologique*. Elle conduit à l'examen des *manières* d'être et des *formes* des faits de la vie psychotique. En présence de la variété et de l'accidentalité individuelles des *contenus* de la vie psychotique, les éléments génériques

qui leur sont communs et qui sont caractéristiques d'un trouble donné des fonctions psychiques ne peuvent être cherchés que dans la *structure formelle* de ces faits, *dans la façon dont* les contenus sont éprouvés par le malade et dérivent les uns des autres. Ce nouvel ordre de recherches se distingue des travaux symptomatologiques antérieurs par sa pénétration très profonde dans les processus psychiques des malades, considérés sous leur aspect subjectif, c'est-à-dire tels qu'ils se déroulent dans la conscience du malade. Elle entretient aussi des rapports très étroits avec la psychologie de l'*Einfühlung* et avec la psychologie de l'expression, nées en Allemagne sous l'influence de nouvelles recherches psychologiques. Elle est enfin inconcevable sans les travaux logiques préliminaires de Husserl, bien qu'elle s'en écarte considérablement dans les questions de méthode. Toutes les contributions que Jaspers a apportées par cette doctrine à la théorie des fausses sensations, des illusions, à la notion et à la nature du processus schizophrénique, en tant qu'entité psychologique, forment, malgré les défauts de détail, une base sur laquelle on pourra peut-être édifier un jour la *synthèse psychologique des tableaux morbides.* C'est à cette tâche que pourra et devra se consacrer la recherche ultérieure des années à venir.

Dalldorf (Berlin), Städtische Irrenanstalt.

ARTHUR KRONFELD

RIV. DELLE RIV. - REVUE DES REVUES
ZEITSCHR. UMSCHAU - REVIEW OF REVIEWS

American Journal of Sociology - (Septembre 1913). — « MAURICE PARMELEE, *An introductory course to the social sciences* » *(Cours préliminaire de sciences sociales).* — Pour qu'un cours d'introduction aux sciences sociales soit réellement utile aussi bien au point de vue scientifique qu'au point de vue pratique, il est de toute nécessité de définir au préalable, ne serait-ce qu'à grands traits, la fonction de la science sociale. Cette fonction consisterait, d'après l'auteur, à développer l'auto-conscience et l'auto-connaissance sociales, en enrichissant nos connaissances relatives à la nature de la société et en les répandant le plus possible. C'est ainsi seulement qu'on pourra jeter les bases d'une transformation ultérieure de la société dans le sens que nous désirons. F. S.

Annalen der Natur- und Kulturphilosophie - (XII, 3, 1913). — « FRANZ OPPENHEIMER, *Praktische Oekonomik und Volkswirtschaftspolitik* » *(Économie pratique et politique économique nationale).* — Après avoir défini l'économie pratique comme la théorie ou la science de l'art économique, dont la politique économique doit appliquer les principes, et après avoir montré que c'est l'État qui constitue le principal facteur de cette politique, l'auteur soumet l'activité de l'État aux trois conditions suivantes: l'État doit intervenir toutes les fois qu'on se trouve en présence de tâches que l'initiative privée, guidée par les intérêts particuliers, ne peut pas, ne veut pas ou ne doit pas entreprendre. Ce sont là des conditions formelles sur lesquelles tout le monde est à peu près unanime. Mais le désaccord commence dès qu'il s'agit de définir les attributions réelles, matérielles de l'État, et ce désaccord n'est qu'une contre partie ou qu'une conséquence du chaos qui règne actuellement dans

la science économique et dans la façon de concevoir la société. Ce chaos lui-même découle à son tour d'une confusion fondamentale entre l'économie « pure » et l'économie « politique ». Une société normale serait celle où l'économie pourrait se développer en dehors de l'influence de forces extra-économiques. Or l'économie de tous les pays civilisés a évolué sous la pression de l'État qui a toujours été une de ces forces extra-économiques, une force politique au service d'une classe, alors même qu'il croyait sincèrement (et il s'y efforce de plus en plus) ne servir que l'intérêt général. L'auteur indique en terminant ce que, dans les cadres de la société actuelle, l'État et l'initiative privée pourraient entreprendre, pour atténuer le régime des monopoles sous lequel nous vivons et la séparation de classes qui en est la conséquence. S. J.

Anthropos - (Juillet-Octobre 1913). -- « P. H. MOLITOR, *La musique chez les Nègres du Tanganika* ». — Les indigènes ont un goût très prononcé pour la musique. Ils ont divers instruments; mais surtout ils chantent. Leur musique a une modalité propre, caractéristique et très riche; elle est donc capable d'exprimer des sentiments variés. « Toutefois, pour éprouver ce que ressentent les Nègres, dit l'A., il faut avoir entendu longtemps leur chants, je dirais volontiers qu'il faut souvent les avoir chantés avec eux, car la musique nègre n'est pas dépourvue d'une certaine harmonie ». Les Noirs pratiquent les intervalles de quinte, de quarte, de sixte, rarement de tierce. Au point de vue du rythme, elle embrasse tous les genres: on y trouve le rythme oratoire, le rythme mesuré suivant les règles de la plus stricte symétrie, le rythme mesuré, mais plus libre, où le caprice paraît avoir seul inspiré le compositeur. La plupart des mélodies nègres appartiennent au genre mesuré. Quelques-unes rappellent les bizarreries de l'art moderne; d'autres, et c'est le grand nombre, ont un rythme rigoureusement mesuré, avec des nombres de phrases bien égaux. Dans les mélodies mesurées, nous trouvons employées tantôt la mesure binaire tantôt la mesure ternaire. La mesure à quatre temps existe, mais elle est rare. Assez souvent, les diverses mesures alternent avec plus ou moins de régularité dans une même chanson. Les temps forts sont faciles à reconnaître, quand les indigènes exécutent leurs mélodies. Les tambours se chargent d'ailleurs de marquer ces temps; ils sont en cela dans leur rôle. F. S.

Archives de Psychologie - (Septembre 1913). — « ED. CLAPARÈDE, *Encore les chevaux d'Elberfeld* ».

Psiche - (Septembre-Décembre 1913). — « WILLIAM MACKENZIE, *Nuove rivelazioni della psiche animale: il cane « ragionante » di Mann-*

heim » (Nouvelles révélations de l'âme animale: le chien « raisonnant » de Mannheim). — « ROBERTO ASSAGIOLI, *I cavalli pensanti e i loro critici » (Les chevaux pensants et leurs critiques).* — « ED. CLAPARÈDE, *La protesta tedesca » (La protestation allemande).* — « ROBERTO ASSAGIOLI, *Contributo alla psicologia del misoneismo » (Contribution à la psychologie du misonéisme).* — Voici encore une série d'articles se rapportant aux manifestations de l'intelligence animale. A vrai dire, ces articles ne nous apprennent rien de nouveau: ce sont pour la plupart des articles de polémique contre les objections qui ont été adressées par certains psychologues et biologistes aux expériences d'Elberfeld. M.M. Assagioli et Claparède s'efforcent à montrer une fois de plus que de toutes les hypothèses qui ont été émises pour expliquer les faits et gestes des chevaux d'Elberfeld, la seule possible, plausible et probable est celle qui y voit des manifestations intelligentes. La seule note nouvelle, dans cette série d'articles, nous est donnée dans le travail de M. Mackenzie qui relate tout au long les prouesses extraordinaires du chien Ralf, de Mannheim, prouesses qui, par certains côtés, dépassent encore celles des chevaux d'Elberfeld. Nous n'avons aucune raison de douter de la sincérité du récit de M. Mackenzie et de la précision scientifique de ses observations. Mais il s'agit de faits tellement surprenants qu'il est permis au lecteur impartial de réserver son opinion. Ceci dit, il ne nous coûte rien de reconnaître que M. Claparède a mille fois raison de s'élever contre la « protestation allemande », signée, entre autres, par quelques noms illustres et provoquée précisément par les phénomènes d'Elberfeld: une protestation n'est pas un procédé scientifique, et si les signataires de la protestation voulaient confondre les partisans de l'intelligence animale, ils l'auraient fait beaucoup plus efficacement en instituant de nouvelles observations et expériences. — L'article de M. Assagioli sur le misonéisme ne se rapporte qu'indirectement à la question de l'intelligence animale, mais il s'y rapporte tout de même, car il est visible qu'il a été provoqué, lui aussi, par la « protestation allemande ». Tandis que la néophilie, dit M. Assagioli, constitue le plus souvent une manifestation spontanée, ingénue, le misonéisme « primitif » est plutôt rare: il est déterminé par la tendance à maintenir l'équilibre existant à un moment donné, par la tendance au moindre effort et à l'économie de la pensée. Tant qu'il n'est que cela, le misonéisme peut encore remplir une fonction assez utile. Mais il est des facteurs qui, en le renforçant et en l'éxagérant, le rendent nuisible et transforment pour ainsi dire l'économie de la pensée en avarice de la pensée. Ces facteurs sont: le principe de l'autorité, l'influence de l'âge, la peur du ridicule, la jalousie que suscitent les découvertes d'autrui, la confusion entre les opinions et les faits, une nouvelle vérité étant rejetée, non parce qu'elle est en désaccord

avec des faits déjà connus, mais parce qu'elle est en contradiction avec les convictions et les doctrines que nous possédons sur ces faits et que nous confondons à tort avec ceux-ci. S. J.

Bulletin de l'Institut de sociologie Solvay – (26 Décembre 1913). — 1. « G. DE LEENER, *Sur les facteurs qui élargissent ou réduisent le champ d'action de la mode* ». — Une technique spéciale se prête aujourd'hui à la diffusion des modes: c'est la réclame, avec les journaux, les expositions, etc. La puissance de ces moyens de pénétration est telle qu'il est devenu possible d'universaliser les modes. Moins il existe de barrières entre les classes ou les groupes, plus il est facile pour les individus de paraître appartenir à telle classe sociale qu'il leur plaira. Ainsi la mode contribuera à la manifestation de ce phénomène que d'aucuns ont appelé la « capillarité sociale ». Pour que les modes se propagent du haut en bas de l'échelle sociale, faut-il qu'elles ne rendent pas, par leur nature, l'imitation des classes supérieures impossible aux classes inférieures. Les mêmes raisons qui expliquent la diffusion des modes dans la profondeur des masses sociales, aident aussi à comprendre les changements incessants de la mode. Dès qu'une mode s'est propagée, elle est discréditée aux yeux de ceux qui la suivaient. A ce moment, la mode a cessé d'agir comme expression extérieure des groupements sociaux. Elle ne reprend ce pouvoir qu'à la faveur d'un changement. Celui-ci sera « la nouvelle mode », restreinte d'abord à une minorité, et étendue ensuite, de degré en degré, à la totalité. Ainsi se renouvelle incessamment le processus de la création des modes et de leur diffusion. — 2. « M. BOURQUIN, *Les transformations du concept juridique de l'État* ». — Le concept de souveraineté, emprunté par la Révolution à l'ancien régime, ne traduit plus exactement notre compréhension de l'État; il est en désaccord avec les faits auxquels il devrait s'appliquer. Dès lors se fait sentir la nécessité de le remplacer dans la technique juridique par un autre concept, qui réponde plus adéquatement aux conditions de notre vie sociale. On croit découvrir ce concept nouveau dans la notion du service public. Cette notion, qui ne fut jamais étrangère à l'activité de l'État, mais qui fut juridiquement éclipsée par la notion de souveraineté, serait appelée dans un avenir plus ou moins proche à dominer toute l'action étatique. C'est possible. En tout cas, ce qui est certain, c'est que sous nos yeux s'élabore un système de droit public sanctionnant à charge de l'État des obligations à la fois positives et négatives. Cette transformation, qui est loin d'avoir atteint son apogée, ne s'est pas réalisée brusquement, et il est intéressant de noter par quel subterfuge l'esprit inventif des juristes a ménagé une transition entre le système impérialiste et le système du service public. Ce subterfuge, c'est celui de la double

personnalité de l'État. On a maintenu à l'État ses attributs de puissance souveraine; mais à côté de l'État-autorité publique, on a imaginé un État-personne civile. Et alors, on s'est trouvé, juridiquement parlant, en présence de deux entités distinctes: d'une part, la puissance publique qui commande et qui est irresponsable; d'autre part, la personne civile, qui se mêle au commerce juridique des hommes, traite avec les citoyens sur un pied d'égalité et se voit soumise aux règles ordinaires du droit privé. Cette distinction a eu dans plusieurs pays un succès immense, mais l'application de la conception dualiste a fait ressortir les obstacles sans nombre auxquels elle se heurte dans la pratique. Aussi est-il permis de dire qu'elle n'aura été qu'une transition et qu'elle ne servira point de fondement au droit de demain. F. S.

Eugenics Review - (Octobre 1913). — « LUCIEN MARCH, *Depopulation and eugenics* » *(Dépopulation et eugénique).* — Dans cet article, l'illustre directeur de la Statistique Générale de la France étudie le phénomène de la dépopulation. Excluant, à l'aide de solides arguments, le fait de la diminution de la puissance reproductrice du peuple français, l'auteur rattache la diminution du coefficient de natalité à la restriction volontaire des naissances et constate que les naissances diminuent parallèlement aux progrès de l'hygiène, de la richesse, de l'instruction, des mesures législatives en faveur des faibles, de la vie urbaine, de l'amélioration du niveau de vie, parallèlement aussi aux progrès de l'individualisme et au développement du féminisme. L'ensemble de facteurs déterminant la diminution des naissances est donc le même que celui qui constitue ce qu'on appelle d'un mot la civilisation. Mais le développement de la civilisation est accompagné partout d'une augmentation de l'alcoolisme, de la folie, du suicide et de la criminalité; et ces stigmates de la dégénérescence sont, ainsi qu'en témoignent de nombreuses recherches, transmis héréditairement de préférence aux premiers nés. « De toutes façons, dit l'auteur, ils est probable que la restriction des naissances pratiquée habituellement par une classe, constitue à elle seule une des causes de la dégénérescence ». Il en résulte que les familles à descendance peu nombreuse sont condamnées à disparaître, attendu qu'elles n'ont pas la force de résister aux causes de sélection. F. S.

Handwörterbuch der Naturwissenschaften, IX. Band, pp. 1187-1209 - (1913). — « ED. CLAPARÈDE, *Tierpsychologie* » *(Psychologie animale).* — Excellente mise au point de la question de la psychologie animale, telle qu'on pouvait l'attendre du savant professeur de Genève. Cet article se recommande avant tout par sa très grande objectivité, l'auteur, partisan convaincu et décidé de la psychologie

animale, se faisant un scrupule de citer et de discuter toutes les objections qui ont été formulées contre la possibilité de manifestations psychiques chez les animaux, toutes les interprétations autres que psychologiques qui ont été proposées pour rendre compte de ces manifestations. M. Claparède ne néglige aucun des problèmes subsidiaires qui se rattachent à la question de la psychologie animale et, malgré sa brièveté, son article, que complète une bibliographie abondante, sera consulté avec fruit et profit par tous ceux qui s'intéressent à cette question. S. J.

Nature (The) - (13 Novembre 1913). — « H. GADOW, *Darwinism 100 years ago* » *(Le darwinisme il y a cent ans).* — L'auteur attire l'attention sur un obscur précurseur de Darwin, Friedrich Tiedemann, dont un ouvrage, édité en 1814 et intitulé: *Anatomie und Naturgeschichte der Vögel,* renferme de nombreux passages (et M. Gadow en cite quelques-uns, des plus significatifs) où se trouvent exprimées l'idée de la « métamorphose du monde vivant sous l'influence des époques géologiques successives » et celle de la sélection sexuelle comme d'un des facteurs les plus importants de l'évolution en général.

— — (20 Novembre 1913). — « MARIE C. STOPES, *Palaeobotany: its past and its future* » *(La paléobotanique, son état actuel et son avenir).* — La paléobotanique n'occupe pas encore dans l'ordre des sciences la place qu'elle mérite. Son importance est pourtant des plus grandes, car les données qu'elle est susceptible de fournir sont de nature à éclairer d'un jour nouveau des domaines aussi vastes et aussi importants que ceux de la botanique et de la géologie. C'est en effet par l'étude des plantes fossiles que nous pouvons arriver à comprendre les faits actuels de l'évolution et, pour nous servir d'une expression d'Asa Gray, « les plantes fossiles sont les thermomètres des époques, thermomètres qui permettent le mieux de mesurer les extrêmes climatériques et les climats en général à travers de longues périodes ». Mais la paléobotanique a encore une importance pratique, en ce sens que ses données fournissent un guide des plus utiles et des plus sûrs à l'industrie minière, et son utilité sous ce rapport a déjà été reconnue dans certains pays, en France notamment, où des paléobotanistes sont appelés en consultation toutes le fois qu'il s'agit de mettre en exploitation de nouvelles mines de charbon. Pour pouvoir rendre tous les services qu'on est en droit d'attendre d'elle, la paléobotanique a besoin d'une organisation qui centralise tous les travaux ressortissant de son domaine, ainsi que les échantillons fossiles dont il serait à souhaiter que le nombre augmentât sans cesse; elle a également besoin d'une certaine unification de sa nomenclature qui se trouve actuellement dans un état vraiment chaotique.

— — (25 Décembre 1913). — « W. J. HUMPHREY, *Volcanic dusts and other factors in the production of climatic changes and their possible relation to ice ages* » *(Poussières volcaniques et autres facteurs déterminant des changements climatériques; leurs rapports possibles avec les époques glaciaires).* — Il est incontestable que notre globe subit de temps à autre des changements climatériques s'étendant sur toute sa surface: les époques glaciaires notamment témoignent d'un changement de ce genre, radical et extrême. Plusieures théories ont été proposées pour expliquer ces changements climatériques universels: nous ne rappelerons que celle de Croll qui en voit la cause dans l'excentricité de l'orbite terrestre; celle de Tyndall, basée sur l'absorption sélective et sur la variation de la quantité de bioxyde de carbone; celle enfin qui voit l'explication du phénomène qui nous occupe dans les variations solaires de longue durée. À toutes ces théories, M. Humphrey en ajoute une nouvelle, celle des poussières volcaniques qui agiraient en interceptant la radiation solaire, au point d'empêcher parfois un cinquième de cette radiation d'arriver jusqu'à la surface de la terre. Pour que les poussières volcaniques produisent l'effet dont il s'agit, il faut qu'elles se trouvent situées dans la région isothermale de l'atmosphère ou stratosphère. En analysant les variations de température survenues depuis 1750, au point de vue de l'influence qu'ont pu exercer sur elles les taches solaires et les eruptions volcaniques, l'auteur a trouvé que dans chaque cas important le désaccord entre les courbes de températures et les taches solaires coïncidait avec des éruptions volcaniques violentes. S. J.

Psiche - (Voir "Archives de Psychologie").

Revue Anthropologique - (Novembre 1913). — « P. G. MAHOUDEAU, *Les manifestations raisonnées chez les Gibbons* ». — Si tous les Anthropoïdes peuvent fournir de très intéressants documents à l'histoire naturelle de l'homme, un seul peut être considéré comme représentant à peu près la survivance d'une forme ayant fait partie de notre lignée généalogique. Ce type Anthropoïde, si archaïque, est le type Hylobatide, dont les diverses espèces, dites Gibbons, vivent, à l'époque actuelle, dans les contrées méridionales de l'extrême Orient. Forme très ancienne, le type Hylobatide possède par suite un encéphale très primitif, susceptible par conséquent de donner une idée de ce qu'a pu être, dans sa phase rudimentaire, l'encéphale de nos ancêtres protohominiens. Le Gibbon est au début d'une phase intellectuelle dont l'homme de notre époque occupe le sommet. Mais nous avons eu des ancêtres, très éloignés il est vrai, desquels la mentalité était semblable à celle des Hylobatides. En effet, non seulement nous trouvons chez les Hyloba-

tides des manières d'agir absolument identiques à celles des enfants de l'homme, mais nous les voyons en outre donner, dans maintes circonstances, des preuves évidentes de réflexion, de jugement et même de sens moral. F. S.

Revue Hebdomadaire - (1er Janvier 1914). — « E. PERRIER, *L'étendue et les services des sciences naturelles* ». — Au XVIIe et XVIIIe siècles, ces sciences étaient purement descriptives; quand on s'élevait au dessus des mœurs de collectionneur, c'était pour élaborer des systèmes anthropocentriques. Linné, déterminant les caractères, qu'il croyait fixes, des espèces, Buffon, cherchant des explications et entrevoyant l'évolution, ont cependant donné à des courants, entre lesquels se divisent les efforts du XIXe siècle: Lamarck, Cuvier, Geoffroy Saint-Hilaire représentent ces courants. Dès 1839, Schwamm, de Louvain, proposait la théorie que les êtres vivants ne sont que des assemblages de cellules; elle préparait les théories pasteuriennes, qui ont renouvelé la thérapeutique. La théorie cellulaire renouvela également la physiologie expérimentale, où Claude Bernard fit des découvertes essentielles. Ch. Darwin essaya de systématiser les explications fournies dans sa théorie de l'évolution, théorie dont il faut reprendre les propositions particulières, mais qui n'en constitue pas moins une construction systématique singulièrement importante. G. B.

Revue de Metaphysique et de Morale - (Septembre 1913). Numéro spécialement consacré à Henri Poincaré. Contient les articles suivants: « L. BRUNSCHWICG, *Le philosophe* », « J. HADAMARD, *Le mathématicien* », « A. LEBEUF, *L'astronome* », « P. LANGEVIN, *Le physicien* ». — Ces articles étudient sous ses aspects différents, l'activité extraordinairement complexe du génie de Poincaré. L'œuvre de celui-ci, dit Langevin dans l'article cité, nous apparaît comme un chêne puissant que les bras d'un seul homme ne sauraient entourer; en se tenant les mains, il faut être plusieurs pour en faire le tour et lever haut les yeux pour en voir le sommet. Il est impossible de résumer ces articles, qui résument eux-mêmes des créations si vastes. Il nous suffit de signaler ici l'importance de ce numéro spécial. Sans doute les synthèses que les auteurs nous présentent, par exemple de Poincaré philosophe ou de Poincaré mathématicien, correspondent à des points de vue personnels, de sorte que l'œuvre de Poincaré paraîtra à d'autres esprits sous une lumière différente. On a déjà discuté sur la philosophie de Poincaré, du vivant du philosophe. Les caractères propres à l'esprit du mathématicien doivent nécessairement être jugés d'après ceux de l'interprète. Il est donc naturel que la multiplicité des problèmes posés et résolus par Poincaré puisse être conçue suivant un ordre dont chacun cherchera un

peu à sa manière la pensée directrice. Nous y chercherions d'avantage — peut-être — le géomètre et l'algébriste, dont les intuitions — appartenant aux mathématiques qualitatives — se projettent avec tant de succès dans toutes les branches de l'analyse. F. E.

Revue du Mois - (Novembre 1913). — 1. « C. CESTRE, *La doctrine sociale de Carlyle* ». — Il a essentiellement lutté contre les abus de l'intellectualisme. Illuminé et mystique, il sait observer, mais avec pessimisme, la réalité sociale. La Révolution française est pour lui le type du rationalisme appliqué à celle-ci. La réalité sociale, saisie par intuition, obéit bien plutôt aux forces conservatrices de la solidarité. Si la démocratie est une résultante nécessaire, il n'en reste pas moins vrai que le maintien des élites est une nécessité pour la vie de la société. Son individualisme ne l'empêche pas d'admettre que l'état a la mission d'intervenir dans les relations entre les hommes, pour soumettre l'individualisme à la loi suprême de la solidarité. — 2. « J. CHARPENTIER, *Diderot et la science de son temps* ». — Tous les contemporains de Diderot témoignent de ses facultés prodigieuses; de fait, il a travaillé dans les directions les plus multiples, et rien que pour les arts mécaniques, on peut citer 990 articles de lui dans l'*Encyclopédie*. Il a conçu la possibilité d'une philosophie expérimentale basée sur l'étude des sciences réalistes, et prévu plusieurs des solutions modernes: dès 1754, il expose une théorie du monde comportant la variabilité et la perfectibilité des espèces, la continuité de la nature, et il entrevoit la thèse cellulaire. Mais il commente les ouvrages des savants de son temps, — Shaftesbury, Brücker, La Mettrie, Robinet, — plutôt qu'il n'élabore un système lié dans toutes ses parties. — 3. « J. LOEB, *Le rôle des sels dans la conservation de la vie* ». — Alors que les hydrates de carbone, les graisses, les protéines sont nécessaires comme fournissant, par oxydation, de la chaleur et de l'énergie, les sels, non oxydables, remplissent une mission plus obscure. Les chlorures de sodium, de calcium et de potassium agissent, non comme des aliments, mais comme des protecteurs, à condition qu'ils coexistent et dans des proportions données, qui empêchent les effets de leur antagonisme de se produire; cette protection s'exerce en particulier à l'égard des acides qui agissent sur les cellules épithéliales, par exemple, des branchies de poissons. La protection semble provenir, non du fait que les organismes seraient adaptés au mélange salin, mais du fait qu'il exerce une action protectrice spécifique sur les cellules, comme par la protection d'une membrane superficielle de structure: il y a, en définitive, une espèce d'action de « tannage » exercée par les sels.

— — (Décembre 1913). — « H. BOURGIN, *Les applications de la méthode positive en économie politique* ». — L'économie peut être

une science quantitative, expérimentale. Les valeurs économiques mesurent des réalités persistantes et homogènes qui sont l'objet propre de son étude. Elle définit l'homme économique et atteint les causes de son activité. Des applications de la méthode positive ont été données par Simiand, distinguant les quatres tendances qui déterminent l'action humaine, ouvrière et patronale. D'autres l'ont été par l'auteur, pour la petite industrie de la boucherie et la sidérurgie (alternatives d'accroissement et de décroissance, déterminée par la localisation et la consommation). La grande difficulté consiste dans l'absence de données homogènes: l'analyse permet d'organiser l'homogénéité des données, et, par là, d'arriver aux stades de spécialisation et de complexité alternatifs. Cette méthode, toute objective et causale, fournit des éléments essentiels à l'étude de la psychologie collective, qui est à la base des phénomènes économiques. G. B.

Revue de Paris - (1er et 15 Octobre 1913). — « M. MAUSS, *L'ethnographie en France et à l'étranger* ». — L'étude des peuples est une discipline très ancienne en France, puisque le XVIe siècle a vu des œuvres comme celle de Jean de Lévy sur les Caraïbes; elle a pris une grande importance au XVIIIe siècle, et la vogue dura jusqu'à la fin du Ier Empire, mais cessa alors, tandis que les autres pays marchaient, dans cette voie, à pas de géants: l'Angleterre, surtout avec Grey, les États-Unis, avec Heckewelder et L. H. Morgan, l'Allemagne, avec Bastian. La diminution de l'esprit d'aventure, l'esprit classique de l'Université expliquent cette stagnation de l'ethnographie française; c'est à des travaux étrangers qu'on doit avoir recours pour connaître l'ethnographie de certaines colonies françaises (Madagascar, Nouvelles-Hébrides). Pour reconstituer cette discipline, il faut un enseignement, des musées, des services organisant des recherches systématiques et des archives ethnographiques. La France doit se hâter: sur ses 60 millions d'indigènes, il y en a environ 20 millions appartenant aux civilisations inférieures, qui relèvent de l'ethnographie; mais elle doit prendre garde aux transformations qui peuvent s'opérer rapidement chez eux et supprimer, dès lors, des objets d'étude actuellement fort intéressants. G. B.

Revue des Sciences psychologiques - (Juillet-Septembre 1913). — « P. J. COUCHOUD, *La " Psychologie objective „ d'après W. Bechterew* ». — L'auteur soumet à une critique serrée l'idée de la possibilité d'une psychologie objective, telle que la comprend M. Bechterew, c'est-à-dire d'une psychologie faisant abstraction des états de conscience et des données de l'introspection. « Prenez un fait psychologique, la tristesse d'un homme, per exemple. Epuisez l'étude objective de ce fait. Relevez toutes les réactions des muscles.

Analysez le sang, analysez l'urine. Constatez, je l'admets, une diminution des phosphates dans l'urine. Tant que cet homme n'aura pas dit: je souffre, il vous sera impossible de déceler l'existence de sa tristesse.... Si jamais aucun tabétique n'avait dit ce qu'il ressentait, par quel examen objectif arriverait-on à la notion de la doleur et à la notion de la qualité de la douleur?... Prochaine ou lointaine, une introspection est inéluctablement nécessaire, si l'on veut affirmer l'existence d'un fait psychologique. Mais si l'on veut étudier la nature de ce fait, l'introspection est bien plus indispensable encore. Les attitudes et réactions extérieures ne sont pas spécifiques. Les phosphates de l'urine sont diminués pour bien des causes ». S. J.

Revue de Synthèse historique - (Février-Avril, Juin 1913). — « PH. CHAMPAULT, *La science sociale d'après Le Play et de Tourville* ». — L'histoire est une paléosociologie; pour la comprendre, il faut connaître les lois de la société vivante: la société est l'ensemble des groupements de la vie privée et publique ayant pour but de procurer à chacun de leurs membres la satisfaction de leurs besoins matériels, intellectuels et moraux. La science sociale l'étudie en elle-même, dans ses conditions, causes et conséquences et recherche des lois et des types sociaux. C'est Le Play qui a été l'initiateur de la méthode, par l'invention des monographies à budget (cadre de 1837), en partant des familles ouvrières, qui sont les plus simples. Avant 1855, il appliqua sa méthode à plus de 300 familles, ramenées à trois grandes espèces (patriarcale [Europe orientale, en partie centrale et méridionale], instable [France], souche [N. O.]). L'abbé de Tourville a développé cette méthode par la détermination des coexistences harmoniques; la base de l'étude est la nomenclature arrêtée dès 1855, et dont les éléments ont été empruntés aux monographies de Le Play. La nomenclature permet d'aborder la réalité sociale, d'élaborer la synthèse qui déterminera les types et dégagera les lois de causalité et de coexistence. Les collaborateurs de Tourville, Demolins, Prieur, Pinot, ont employé la méthode conçue par Le Play et de Tourville. Sur certains points, celle-ci s'est pourtant révélée insuffisante, comme l'ont prouvé les travaux de Champault et de Gérin, et surtout il a été impossible de trouver des rapports de causalité entre des séries de faits qui paraissaient parallèles. Une nouvelle classification est nécessaire, pour englober certains faits. Du moins il est prouvé que l'histoire et la science sociale ont des procédés d'étude et d'explication analogues: mais il faut que l'histoire accepte l'hégémonie de la science sociale. G. B.

Revue Scientifique - (22 Novembre 1913). — « E. GLEY, *La notion de sécrétion interne*». — C'est à Claude Bernard qu'on doit à la fois la première démonstration directe d'une sécrétion interne (passage dans le sang du sucre formé par le foie) et la conception générale de ces sécrétions, entendues comme servant à maintenir la composition du sang. Après Claude Bernard, la notion de sécrétion interne tomba dans l'oubli et ne fit l'objet d'aucune recherche plus ou moins importante. Elle ne fut reprise et développée que par Brown-Séquard dont les travaux ont contribué à l'imposer à l'attention générale et à la faire entrer pour ainsi dire dans le domaine public. Ce que Brown-Séquard a ajouté à la doctrine de Claude Bernard, ce fut la notion de l'action sur différents organes de « substances spéciales » sécrétées dans le milieu sanguin et, par suite, cette autre notion, non moins importante, de corrélations fonctionnelles humorales. Ce faisant, Brown-Séquard a frayé la voie à la conception moderne des excitants fonctionnels spécifiques ou hormones et des corrélations fonctionnelles de cause humorale, conception à l'élaboration de laquelle la pathologie a contribué pour le moins autant que les recherches purement expérimentales.

—— (6 Décembre 1913). — « ÉMILE PICARD, *L'œuvre d'Henri Poincaré* ». — Tout en esquissant, après tant d'autres, l'œuvre accomplie par Henri Poincaré dans la géométrie, dans la mécanique céleste et dans la physique mathématique, M. Picard cherche chemin faisant (et ce n'est pas là la partie la moins intéressante de son article) à caractériser l'esprit du grand savant disparu. Le génie de Poincaré réunissait « un prodigieux esprit d'invention à un esprit critique extrêmement aiguisé». « Sa critique semble même aller parfois jusqu'au scepticisme; il contemplait sans tristesse les ruines des théories. Alors que d'autres constatent avec regret que certaines idées ne s'accommodent plus aux faits et commencent par penser que ceux-ci ont été mal vus et interprétés, Poincaré a plutôt une tendance contraire.... Nul n'eut moins que lui la notion statique d'une science se reposant sur quelques données définitives ». En philosophie, Poincaré n'avait pas de système qui fût proprement à lui. Mais si on voulait le cataloguer à tout prix, on pourrait dire que sa philosophie était la philosophie de la « commodité », non au sens biologique du mot, qui est celui d'une adaptation, mais au sens idéaliste, Poincaré n'ayant considéré que l'esprit tout formé et sa fonction: la pensée, avec le droit, pour cet esprit, de former des *conventions,* que l'expérience peut suggérer à l'esprit, sans toutefois les lui imposer.

—— (20 Décembre 1913). — « MAURICE CAULLERY, *La distribution géographique des organismes dans ses rapports avec l'évolution* ». — Dans cette leçon d'ouverture du cours d'Évolution des

Êtres organisés, dont l'auteur a été chargé après la mort du professeur Giard, M. Caullery insiste sur l'importance que présente au point de vue de la doctrine de l'évolution l'étude de la distribution géographique des organismes vivants, animaux et plantes. A moins d'admettre la création simultanée, sur différents points du globe, d'un grand nombre de couples de la même espèce ou de croire, avec Wallace, à la permanence des grands bassins océaniques donnant aux masses continentales une constance suffisante à travers le temps, il est impossible d'isoler les unes des autres les différentes variétés de la même espèce animale ou végétale qu'on observe dans différentes régions et de ne pas les rattacher, si on veut rester fidèle à l'esprit du darwinisme, à un couple unique dont les descendants ont essaimé à travers le globe. Dès lors les différences qu'on constate d'une espèce à l'autre, d'une variété à l'autre, ne peuvent être attribuées qu'à des différences de milieu, qu'elles soient le produit d'une adaptation active ou passive ou l'effet de la sélection naturelle. Et par milieu il faut entendre non seulement les conditions purement physiques, mais aussi celles qui découlent pour chaque espèce animale ou végétale de la présence d'autres espèces animales et végétales. Cette étude de l'influence du milieu physique et vivant sur les caractères et les propriétés d'une espèce constitue l'éthologie, laquelle se compose de la biogéographie ou géonémie qui ne considère que les facteurs actuels, et de la biogéologie qui considère l'action des facteurs passés, de ceux qui ont amené la disparition de certaines espèces et ont fait des espèces qui ont survécu ce qu'elles sont aujourd'hui.

—— (3 Janvier 1914). — « L. DE LAUNAY, *La géologie du fond des mers* ». — La géologie du fond des mers se rattache étroitement à celle des continents. Il n'y a pas, il ne peut pas y avoir de ligne de séparation nette entre l'une et l'autre, car le fond des mers est à la fois le laboratoire où s'élaborent les continents futurs et le vaste tombeau où se dissimulent et se conservent, dans la mesure où peut se conserver la momie du passé, certains continents disparus. La géologie des substratums marins n'a pas de raison pour être bien différente de la géologie des continents, sauf l'inévitable restriction que nécessite l'évolution progressive de toutes les forces agissantes sur notre planète. Cette formation actuelle est la continuation des formations anciennes, troublée par des accidents analogues. S. J.

Revue internationale de Sociologie - (Novembre 1913). — « ROBERT MICHELS, *Nature et limites de la pudeur* ». — Nous pouvons admettre comme connue l'origine probable de la pudeur féminine. Elle se rattache au caractère de proie que présente la femme dans

l’age primitif. La femme a alors mille raisons pour se tenir en garde contre la brutalité du mâle en matière sexuelle. La crainte de l’homme domine sa vie. Aussi a-t-elle songé instinctivement à cacher les parties de son corps qui pouvaient allumer le désir sexuel du mâle et l’exposer aux agressions. La pudeur est une conséquence de la peur ou, si l’on veut, une arme de défense, que la femme emploie dans la lutte contre l’appétit sexuel immodéré de l’homme. Aujourd’hui encore, ce caractère défensif de la pudeur est évident. En dépit de sa généalogie préhistorique, le sentiment de la pudeur appartient aux qualités inculquées à tout individu avec l’éducation, et de la sorte aux qualités acquises. Il sera opportun de se demander si la pudeur est, en général, l’indice d’une civilisation très élevée. La seule considération que, dans les mœurs et les usages de ce peuple créateur de civilisation par excellence que furent les Hellènes, aucune part n’était faite à la pudeur, semble déjà répondre négativement à la question. En revanche, les anthropologues ont constaté un degré assez élevé de pudeur chez les peuples qui se trouvent sur une marche très basse de l’échelle civile.

— — (Décembre 1913). — « JEAN FINOT, *Le rôle du progrès dans la vie moderne* ». — Les métaphysiques, de même que les doctrines du sociologiques progrès, pêchent par leurs programmes tantôt trop vastes, tantôt trop étroits. Le progrès qui se réalise dans la vie ne peut être séparé du bonheur conçu comme condition du perfectionnement de notre être moral, physiologique et social. Rattaché au problème du bonheur, celui du progrès regagne en clarté et en précision tout ce que lui font perdre les spéculations métaphysiques ou sociologiques qui veulent les séparer. Bien plus: le progrès devient de la sorte un auxiliaire tout indiqué du bonheur. Il y puise sa raison d’être et ses inspirations nécessaires. Les routes de sa réalisation l’obligent souvent à suivre des courbes qui trompent notre entendement. Ne nous laissons pas trop impressionner par ces phases passagères. Comme la marche continue, il faut attendre l’homme à des étapes successives. Pour juger de la valeur comparée des époques parcourues, considérons-les aussi larges que possible. Comptons sur des décades de siècles et sur des séries de générations. L’essentiel, c’est d’avoir un but élevé et d’apercevoir la possibilité de sa réalisation. Le progrès ainsi conçu s’insère dans la vie et devient son complément inévitable et essentiel. F. S.

Weltall - (Erstes Novemberheft 1913). — « D.r v. SEELIGER, *Probleme der modernen Astronomie* » *(Les problèmes de l’astronomie moderne)*. — L’analyse spectrale, la photométrie et la photographie, tout en dotant l’astronomie de quelques-unes de ses plus belles découvertes, ont en même temps soulevé une foule de problèmes dont

on n'avait pas le moindre soupçon au temps où le télescope constituait encore le seul moyen d'investigation astronomique: la nature et les fonctions des nébuleuses spirales, la constitution physique et chimique des astres, la nature et la vitesse de leurs mouvements, la distribution des étoiles dans la voie lactée et en dehors d'elle, tels sont quelques-uns des principaux problèmes que l'astronomie moderne s'efforce à résoudre en perfectionnant de plus en plus ses moyens de recherche. Mais dans son développement logique, l'astronomie n'a pas seulement posé de nouveaux problèmes, elle a encore fait naître des doutes sur l'universalité de certaines lois dont la validité pour le cosmos tout entier était acceptée jusqu'ici comme un dogme. C'est que le cosmos s'est considérablement agrandi et élargi, à la suite des dernières découvertes astronomiques, et nous a révélé des distances qui, échappant à notre expérience, ne nous permettent pas de leur appliquer telles quelles des lois purement empiriques au fond, comme celles de la pesanteur, de la conservation de l'énergie et de l'entropie.

— — (Erstes Dezemberheft 1913). — « H. HABENICHT, *Das Aristotelische Phänomen* » *(Le phénomène d'Aristote)*. — Il s'agit du dessèchement progressif des continents qui aurait été signalé pour la première fois par Aristote et qui serait basé, d'après l'auteur, sur des faits exacts. L'auteur en cite quelques-uns: la disparition de plus de cent lacs dans le Tyrol au cours du siècle dernier, les déserts lybique et arabique qui, tout proches de la rive du Nil, occupent l'emplacement de forêts qui s'étendaient autrefois d'une façon ininterrompue entre le Haut et le Bas Égypte, etc. Ce phénomène tient d'ailleurs à des causes physiques dont la principale est celle-ci: tout afflux d'eau dans un lac entraîne de la terre qui se dépose au fond, tandis que pour s'écouler l'eau creuse son lit de plus en plus profondément et cherche à aboutir vers la mer par la voie la plus courte et la plus rapide. Le niveau du lac s'abaisse ainsi de plus en plus, et son fond, qui se dessèche jusqu'à une certaine profondeur, absorbe de l'air et se réchauffe. C'est ainsi que, malgré les étés pluvieux de ces dernières années, on a vu disparaître, en Europe même, des sources très abondantes, comme celle de Mühlberg, près Gotha. S. J.

CRONACA - CHRONIQUE
CHRONIK - CHRONICLE

CONGRÈS ET RÉUNIONS.

Congrès de philosophie mathématique.

D'accord avec la rédaction de l'Encyclopédie des sciences mathématiques, la Société française de philosophie a pris l'initiative de cette réunion de philosophes et de mathématiciens au cours de laquelle auront lieu des discussions sur des sujets choisis d'avance. On peut annoncer d'ores et déjà la participation de MM. Hadamard, Langevin, Couturat, Brunschwicg, Dufumier, Winter, Einstein, Brillouin, Enriques, Peano, Padoa, Scorza.

Réunion de la Commission internationale pour la réforme de l'enseignement des mathématiques.

La Commission internationale pour la réforme de l'enseignement des mathématiques se réunira à Paris, du 1er au 4 avril, avec le programme suivant: 1. Séance d'ouverture. Discours d'ouverture, par M. G. Darboux, allocution de M. P. Appell; discours de M. F. Klein, président de la commission; conférences de M. E. Borel, *Sur l'adaptation de l'enseignement aux progrès de la science* et de M. M. d'Ocagne, *Sur le rôle des mathématiques dans les sciences de l'ingénieur*; — 2. les séances des 2, 3 et 4 avril seront consacrées aux discussions et aux rapports sur les deux sujets suivants: A. *Les résultats obtenus par l'introduction du calcul différentiel et intégral dans les classes supérieures de l'enseignement moyen* (M. E. Beke, rapporteur); B. *De la place et du rôle des mathématiques dans l'enseignement technique supérieur* (M. P. Stäckel, rapporteur).

Conférence internationale sur la structure de la matière.

À la suite de la Conférence internationale sur la théorie de la radiation, tenue à Bruxelles en 1911, sur l'initiative de M. Ernest Solvay, celui-ci assigna une somme de 1 million de francs, destinée à la fondation d'un

Institut international de physique, les intérêts de cette somme devant servir en partie à favoriser des recherches sur la physique et la chimie, en partie à subventionner des réunions dans lesquelles des savants de tous les pays puissent se rencontrer pour discuter des problèmes scientifiques d'un intérêt spécial. C'est grâce à cette généreuse donation que la deuxième Conférence internationale (Conseil International de Physique Solvay) a pu avoir lieu à Bruxelles, du 27 au 31 octobre 1913. Cette conférence, qui était présidée par M. Lorentz, avait réuni les physiciens et les chimistes les plus éminents de tous les pays. Parmi les rapports qui y ont été lus et qui ont soulevé les plus vives discussions, nous citerons les suivants: *La structure de l'atome*, par Sir J. J. Thomson; *Phénomènes d'interférence provoqués dans les rayons Röntgen par le treillage spatial des cristaux*, par le professeur Laue; *Rapports entre la structure cristalline et la constitution chimique,* par M. M. Barlow et Pope; *Quelques considérations sur la structure des cristaux*, par M. Brillouin; *Théorie moléculaire des corps solides,* par M. Gruneisen. La prochaine réunion du Conseil de Physique aura lieu dans 3 ans à Bruxelles. Il a été décidé en outre que les membres fondateurs du Conseil se retireront automatiquement de temps à autre, afin de céder leur place à de nouveaux membres qui seront invités spécialement à venir prendre part à la discussion de questions faisant partie de la branche dont ils s'occupent.

L'Organisation internationale des chimistes (Association internationale des Sociétés Chimiques).

L'idée d'une organisation internationale, née au cours d'une conversation particulière entre M. M. Albin Haller et Wilhelm Ostwald, répondait sans doute à un besoin que ressentaient tous les chimistes, puisque, émise en 1910, elle recevait dès l'année suivante un commencement de réalisation. C'est en effet en 1911 qu'a eu lieu à Paris la première réunion de ce qui ne devait pas tarder à devenir l'Association Internationale des Sociétés Chimiques. Réunion purement préparatoire, à laquelle assistaient seulement les délégués des principales Sociétés Chimiques de la France (M. M. Haller, Hanriot et Béhal), de l'Allemagne (M. M. Jacobsen, Wichelhaus et W. Ostwald) et de l'Angleterre (Sir William Ramsay, M. M. Mendola et Frankland). Il a été décidé, au cours de cette réunion, de lancer un appel à toutes les sociétés chimiques du monde, en les invitant à adhérer à l'Association naissante, et on s'est séparé se donnant rendez-vous à Berlin, en 1912, une commission ayant été chargée de préparer entre-temps les statuts de la future association. L'appel lancé par la réunion préparatoire ne resta pas sans écho, puisqu'au mois d'Avril 1912, époque de la deuxième réunion de l'Association, celle-ci comptait déjà 15 sociétés chimiques adhérentes comprenant un total de 18000 membres environ. D'après les statuts, l'adhésion à l'Association ne peut pas se faire par chaque société chimique individuellement: chaque pays ne peut y être représenté que par une seule société, la plus nombreuse ou la plus importante, à laquelle toutes les autres sociétés du même pays confèrent à cet effet les pouvoirs nécessaires. Voici les principaux vœux qui ont été formulés au cours de la réunion et à la réalisation desquels l'Association s'est engagéé à employer tous

les moyens dont elle pourra disposer: 1. Unification de la nomenclature chimique (non de la nomenclature écrite, c'est-à-dire des *formules*, qui présentent déjà un caractère international, mais de la nomenclature parlée), en ayant recours au besoin à l'usage d'une des langues internationales auxiliaires existantes; 2. Uniformisation des abréviations sous lesquelles sont cités différents périodiques, en laissant à la rédaction de chacun de ceux-ci le soin d'adopter elle-même l'abréviation qu'elle désire; 3. Adoption, pour toutes les publications sur des questions chimiques, d'un format universel, rationnel et commode. Celui de $16^{cm.} \times 22^{cm.},6$ a été trouvé comme satisfaisant le mieux à ces conditions. A tous ces vœux, M. Ostwald croit pouvoir ajouter celui de la fondation d'une bibliothèque, munie d'un catalogue à fiches, et d'un bureau central et permanent qui serait en communication constante avec les travailleurs, auxquels il fournirait soit des comptes rendus de travaux, soit des travaux originaux, soit des traductions dont ils auraient besoin pour leurs recherches personnelles. Ce bureau veillerait également à ce que le même travail ne soit pas analysé plusieurs fois et dans plusieurs périodiques, comme cela arrive aujourd'hui, avec une dépense tout à fait inutile d'énergie. La troisième réunion de l'Association devait se tenir en Août ou Septembre à Londres. Mais M. Solvay l'ayant dotée entre-temps d'un capital assez important, l'Association, pour marquer sa reconnaissance envers son bienfaiteur, s'est réunie cette fois à Bruxelles, à l'occasion de son jubilé. La prochaine réunion aura lieu à Paris, en 1914, sous la présidence de M. Haller.

NOUVELLES DIVERSES.

Une année sans taches de Soleil.

Pendant les deux premiers trimestres de l'année 1913, la surface éclatante du Soleil est restée vierge de taches. M. Guillaume, astronome à l'observatoire Saint-Genis-Laval, près de Lyon, a continué ses observations pendant le troisième trimestre, et il résulte de ces nouvelles observations que pendant cette période encore il n'y a presque pas eu de taches. Des facules brillantes ont, par contre, été observées. Un autre astronome de l'observatoire de Lyon, M. Flajolet, a constaté un certain accroissement des perturbations magnétiques un peu fortes, les seules qu'on puisse observer à cause du voisinage des tramways. L'année 1913 est remarquable au point de vue de l'absence de taches solaires. Un tel minimum n'avait pas été observé depuis 1810.

Voyages et explorations.

*** *Nouvelle expédition antarctique anglaise.* — Sir Ernest Shackleton projette une nouvelle expédition antarctique anglaise qui doit partir au mois d'Octobre prochain de Buenos-Aires et traverser le continent polaire austral, depuis la mer Weddell, sur le côté Atlantique, jusqu'à la mer Ross, en touchant, chemin faisant, le pôle Sud, soit en tout une distance de 1700 milles. « Personne ne sait, dit M. Shackleton, si le grand plateau s'enfonce graduellement, en allant du pôle vers la mer Weddell, de

même qu'on ignore si la grande chaîne Victoria, qui a été suivie jusqu'au pôle, ne s'étend pas à travers le continent, pour venir rejoindre les Andes. La solution de ce problème est d'un intérêt intense pour les géographes du monde entier, et la découverte de la grande chaîne de montagnes qui, selon nous, doit exister ici sera une des plus glorieuses conquêtes géographiques de nos temps ». L'expédition aura lieu sur l'*Aurore*, chauffée à l'huile et munie de tous les perfectionnements modernes: télégraphie sans fil, deux traîneaux mûs par des propulseurs à aéroplanes, appareils d'aviation et un aéroplane à ailes coupées, de façon à ce qu'il puisse glisser sur la glace. Le personnel de l'expédition comprendra, entre autres, un biologiste, un géologue et un physicien qui se livreront à des recherches et explorations ressortissant de leurs domaines.

*** *Explorations ethnographiques au Chili.* — Le Dr. Max Uhle, directeur du Musée d'ethnographie de Lima, a entrepris un voyage d'exploration dans le nord du Chili. Il y a étudié tout d'abord les Indiens Changas, race qui se meurt et qui est considérée comme étant la race primitive du pays. Une petite partie d'entre eux vit au bord du grand Salar d'Atacama et a conservé la langue maternelle. En juillet et août 1912, Uhle a pratiqué des fouilles en divers endroits du territoire de Calama. Il a acquis ainsi une riche collection d'objets en or, en argent, en cuivre, en argille et en pierre; il a également trouvé des tissus coloriés. Uhle croit que ces matériaux datent du IXe jusqu'au XVe siècles.

*** *Le retour de l'expédition Wollaston.* — A. F. R. Wollaston est revenu du voyage d'exploration qu'il avait entrepris dans la Nouvelle Guinée Hollandaise. L'expédition s'est arrêtée longtemps chez les Papoua brun foncés qui habitent les versants des monts Nassau. Sous le rapport de l'intelligence, on dit qu'ils surpassent les habitants de la côte. Armés d'arcs et de flèches, ils vont à la chasse; un sachet qu'ils portent au cou contient le briquet, du tabac, un couteau, une cuiller, etc. Les indigènes, qui n'avaient jamais vu d'Européens, se montrèrent curieux, mais pacifiques. Sur un terrain assez étendu on compta de 400 à 500 individus. Les hommes paraissaient être plus nombreux que les femmes. Il n'y a pas de polygamie; quant à la polyandrie, la commission ne sait rien dire de certain sur son existence.

La pesanteur influe-t-elle sur l'évolution?

De multiples hypothèses ont été invoquées pour expliquer la disparition des diverses espèces animales qui ont veçu aux lointaines époques géologiques du tertiaire et du quaternaire et dont on ne trouve plus que des fossiles. Un savant allemand, M. Bruno Müller, vient d'émettre à ce sujet une nouvelle théorie: d'après lui, la cause principale de l'extinction de différents animaux fossiles est l'augmentation de la pesanteur. Par suite du refroidissement et de la contraction de la terre, le rayon du globe terrestre a dû subir une diminution considérable, et par conséquent la pesanteur à la surface de la terre a beaucoup augmenté. Cette augmentation a dû avoir des répercussions importantes sur les animaux lourds. Des organismes qui nageaient dans la mer et dont le poids spécifique était égal à celui de l'eau ont dû soit disparaître, soit adopter un autre mode

de vie. Les ammonites à la coquille épaisse et lourde ont disparu. Divers crustacés géants à bouclier pesant du silurien et du devonien ont peri, faute de pouvoir s'adapter aux conditions nouvelles. Les poissons cuirassés du silurien ont cédé la place aux poissons osseux, plus agiles, et les reptiles volants aux oiseaux. L'augmentation de la pesanteur a été surtout funeste pour les sauriens, devenus incapables de supporter le poids de leurs formidables charpentes osseuses. Si la théorie de M. Bruno Müller est vraie, on peut se demander quelles sont les espèces animales actuelles déstinées à disparaître dans quelques centaines de milliers d'années, lorsqu'une force plus grande nous attirera vers le centre de la terre.

Hérédité mendélienne chez les chiens.

Il existe de nombreuses races de chiens qui n'ont pas d'appendice caudal. Ainsi les braques bourbonnais, les braques d'Auvergne, les braques allemands, les épagneuls bretons, les chiens de berger hongrois, les loulous des bateliers de l'Escaut. Mais ce caractère est-il héréditaire? Un éleveur français, M. Philippe de Vilmorin, a observé une centaine d'individus et a procédé à ving-sept croisements environ, entre chiens de différentes races. Selon que les chiens ont ou n'ont pas d'appendice caudal et que celui-ci est plus ou moins long, M. de Vilmorin les classe en trois catégories. La terminologie employée pour différencier les mollusques lui a servi pour désigner les catégories canines: chiens *anoures* (sans queue), *brachyures* (à queue courte) et *macroures* (à queue normale). L'observation a montré que le caractère de ne pas avoir de queue est dominant, d'après la loi de Mendel. Il semble donc que tous les chiens totalement dépourvus de fouet sont des hybrides. Par contre, les chiens qui ont une longue queue sont du type pur. En croisant des chiens anoures et des chiens macroures, on a obtenu moitié d'hybrides et moitié de chiens normaux. En croisant, au contraire, des anoures entre eux, on a enregistré des chiens sans queue dans une proportion de 75 °/₀ et des chiens avec queue dans la proportion de 25 °/₀.

Découverte d'anciens tombeaux en Australie.

Des découvertes intéressantes de tombeaux ont été faites par H. Basedow en Australie. Le premier, le tombeau d'un homme plus âgé, se trouvait près de Bobmoony Well, le second, celui d'une femme âgée, à Mundy Creek. Dans les deux cas, le cadavre était à deux pieds sous le sol, couché sur le dos, du nord au sud (la tête), le visage tourné vers l'occident. Il y a surtout à noter la mutilation dont le cadavre de la femme a été l'objet: au-dessus du bassin on a pratiqué une véritable bissection. Les chairs de la cuisse et des reins ont été détachées, en brisant les os. S'est-il agi ici de cette cérémonie funéraire qu'on observe aussi ailleurs en Australie et qui fait de la manducation d'une partie du défunt un acte de piété? La découverte est particulièrement précieuse au point de vue ethnologique, parce qu'elle nous montre une méthode de sépulture — l'enterrement — dont n'avait pas encore d'exemple dans cette région.

ASPERGES FILIPPO - *responsabile.*

MILANO — TIPO-LIT. REBESCHINI DI TURATI E C.

ZUM RELATIVITÄTS-PROBLEM

Nachdem in dieser Zeitschrift zwei Fachleute von Bedeutung ihre Bedenken gegen die Relativitätstheorie vorgebracht haben, dürfte es den Lesern nicht unerwünscht sein, wenn auch ein Anhänger jener neuen theoretischen Richtung seine Ansichten darlegt. Dies soll im folgenden in aller Kürze geschehen.

Wir haben heute zwei theoretische Systeme wohl zu unterscheiden, die beide unter die Bezeichnung « Relativitätstheorie » fallen. Das erste derselben, welche wir « Relativitätstheorie im engeren Sinne » nennen wollen, stützt sich auf einen ansehnlichen Erfahrungskomplex und ist heute von der Mehrzahl der theoretischen Physiker als einfachster theoretischer Ausdruck der Erfahrungen angenommen. Das zweite (von uns « Relativitätstheorie im weiteren Sinne » genannt) ist durch die physikalische Erfahrung bis jetzt noch fast gar nicht begründet. Diesem zweiten System steht die Mehrzahl der Fachkollegen skeptisch oder ablehnend gegenüber. Es sei gleich hier bemerkt, dass man sehr wohl Anhänger der Relativitätstheorie im engeren Sinne sein kann, ohne auch die Berechtigung der Relativitätstheorie im weiteren Sinne anzuerkennen. Wir wollen deshalb beide Theorien getrennt besprechen.

I. Die Relativitätstheorie im engeren Sinne.

Es ist wohlbekannt, dass die Gleichungen der von Galilei und Newton begründeten Mechanik nicht bezüglich eines beliebig bewegten Koordinatensystems gültig sind, wenn man daran festhält, dass zur Beschreibung der Bewegungen nur Zentralkräfte zugelassen werden, die dem Gesetz der Gleich-

heit von Actio und Reactio Genüge leisten. Hat man aber die Bewegung auf ein System K bezogen, sodass Newtons Gleichungen in der angedeuteten Art gültig sind, so ist jenes Koordinatensystem nicht das *einzige,* in bezug auf welches jene mechanischen Gesetze gelten. Jedes räumlich beliebig orientierte, in gleichförmiger Translationsbewegung zu K befindliche Koordinatensystem K' hat vielmehr die Eigenschaft, dass relativ zu ihm die nämlichen Bewegungsgesetze gelten. Die Voraussetzung von der Gleichwertigkeit aller jener Koordinatensysteme K, K' etc. für die Formulierung der Gesetze der Bewegung, überhaupt der allgemeinen Gesetze der Physik, bezeichnen wir als «Relativitätsprinzip» (im engeren Sinne).

Solange man glaubte, dass die klassische Mechanik der theoretischen Darstellung aller Vorgänge zugrunde zu legen sei, konnte man an der Gültigkeit jenes Relativitätsprinzips nicht zweifeln. Aber auch abgesehen davon ist es vom Standpunkte der Erfahrung schwer, an der Gültigkeit jenes Prinzips zu zweifeln. Gölte es nämlich nicht, so müssten die auf ein relativ zur Erde ruhendes Bezugssystem bezogenen Naturvorgänge von der Bewegung der jährlichen Umlaufsbewegung (Geschwindigkeit) der Erde um die Sonne beeinflusst erscheinen; die irdischen Beobachtungsräume müssten wegen der Existenz jener Bewegung sich physikalisch anisotrop verhalten. Trotz emsigsten Suchens konnten die Physiker aber niemals eine derartige scheinbare Anisotropie beobachten.

Das Relativitätsprinzip ist also so alt wie die Mechanik und niemand hätte vom Standpunkte der Erfahrung aus je an seiner Gültigkeit zweifeln können. Dass es doch bezweifelt wurde und heute noch bezweifelt wird, ist darauf zurückzuführen, dass die Maxwell-Lorentz'sche Elektrodynamik mit dem Relativitätsprinzip unvereinbar zu sein scheint. Wer die Geschlossenheit jener Theorie, die geringe Zahl der ihr zu Grunde liegenden Annahmen und deren Leistungen in der theoretischen Darstellung der Erfahrungen auf dem Gebiete der Elektrodynamik und Optik zu beurteilen vermag, der wird sich dem Eindrucke schwer verschliessen können, dass die Grundzüge jener Theorie in dem gleichen Sinne als endgültig feststehend anzusehen sind, wie etwa die Gleichungen der klassischen Mechanik. Es ist auch nicht gelungen, jener Theorie eine andere an die Seite zu stellen, die mit ihr auch nur einigermassen konkurrieren könnte.

Es ist leicht anzugeben, worin die scheinbare Unvereinbarkeit der Maxwell-Lorentz'schen Elektrodynamik mit dem Relativitätsprinzip liegt. Die Gleichungen jener Theorie mögen relativ zu dem Koordinatensystem K gelten. Damit ist gesagt, dass jeder Lichtstrahl sich relativ zu K im Vakuum mit einer bestimmten, von der Ausbreitungsrichtung und vom Bewegungszustand der Lichtquelle unabhängigen Geschwindigkeit c ausbreite; diese Aussage wird im folgenden als « Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit » bezeichnet werden. Wird nun ein solcher Lichtstrahl von einem relativ zu K bewegten Beobachter aus betrachtet, so scheint die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtstrahles, vom Standpunkte dieses Beobachters aus beurteilt, im allgemeinen von c verschieden zu sein; pflanzt sich der Lichtstrahl z. B. in der Richtung der positiven x-Achse von K mit der Geschwindigkeit c fort, und ist unser Beobachter mit der zeitlich konstanten Geschwindigkeit v in derselben Richtung bewegt, so glaubt man unmittelbar aussagen zu können, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtstrahles, vom bewegten Beobachter aus beurteilt, $c - v$ sei. Relativ zum Beobachter, d. h. relativ zu einem mit der Geschwindigkeit bewegten Bezugssystem K' scheint also das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit nicht zu gelten. Es liegt also hier ein scheinbarer Widerspruch mit dem Relativitätsprinzip vor.

Eine genaue Analyse des physikalischen Inhaltes unserer räumlichen und zeitlichen Angaben hat aber bekanntlich ergeben, dass der angedeutete Widerspruch nur ein scheinbarer ist, indem er auf folgenden beiden willkürlichen Annahmen beruht:

1. Die Aussage, dass zwei an verschiedenen Orten stattfindende Ereignisse gleichzeitig stattfinden, hat einen von der Wahl des Bezugssystems unabhängigen Inhalt.

2. Der räumliche Abstand der Orte, in denen zwei Ereignisse gleichzeitig stattfinden, ist unabhängig von der Wahl des Bezugssystems.

Da sowohl die Maxwell-Lorentz'sche Theorie als auch das Relativitätsprinzip durch die Erfahrung in weitgehendem Masse gestützt wird, wird man sich dazu entschliessen müssen, die beiden soeben angeführten willkürlichen Annahmen fallen zu lassen, deren scheinbare Evidenz nur darauf beruht, dass uns das Licht *scheinbar momentan* von den Ereignissen Kunde gibt, die in entfernten Orten stattfinden, und dass die Geschwin-

digkeiten der Körper, mit denen wir es in der alltäglichen Erfahrung zu tun haben, gegen die Lichtgeschwindigkeit c klein sind.

Dadurch, dass man jene willkürlichen Annahmen aufgibt, erreicht man die Vereinbarkeit des aus der Maxwell-Lorentz'schen Elektrodynamik resultierenden Prinzips von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Relativitätsprinzip. Es kann an der Annahme festgehalten werden, dass ein und derselbe Vakuum-Lichtstrahl sich nicht nur relativ zu einem Bezugssystem K, sondern auch relativ zu jedem gegen K in gleichmässiger Translationsbewegung begriffenen Bezugssystem K' mit der Geschwindigkeit c ausbreitet. Man hat nur die Transformationsgleichungen, welche zwischen den zeiträumlichen Koordinaten (x, y, z, t) in bezug auf K und denen (x', y', z', t') in bezug auf K' bestehen, in geeigneter Weise zu wählen; das System der Transformationsgleichungen dieser vier Grössen, auf welches man so geführt wird, wird « Lorentz-Transformation » genannt. Diese Lorentz-Transformation hat an die Stelle entsprechender Transformationsgleichungen zu treten, die bis zur Aufstellung der Relativitätstheorie als die einzig denkbaren betrachtet wurden, die aber auf die oben genannten Annahmen 1) und 2) gegründet waren.

Der heuristiche Wert der Relativitätstheorie besteht darin, dass sie eine Bedingung liefert, der alle Gleichungssysteme genügen müssen, die allgemeine Naturgesetze ausdrücken. Jedes derartige Gleichungssystem muss so beschaffen sein, dass es bei Anwendung einer Lorentz-Transformation in ein Gleichungssystem von derselben Form übergeht (Kovarianz gegenüber Lorentz-Transformationen). Minkowski hat ein einfaches mathematisches Schema angegeben, auf welches Gleichungssysteme sich bringen lassen müssen, damit sie sich Lorentz-Transformationen gegenüber kovariant verhalten; er erreichte dadurch den Vorteil, dass es für die Anpassung der Gleichungssysteme an die genannte Bedingung gar nicht nötig ist, an jenen Systemen tatsächlich eine Lorentz-Transformation vorzunehmen.

Aus dem Gesagten geht deutlich hervor, dass die Relativitätstheorie keineswegs ein Mittel an die Hand gibt, um vorher unbekannte Naturgesetze aus dem Nichts heraus zu deduzieren. Sie liefert nur ein stets anwendbares Kriterium, welches die Möglichkeiten einschränkt; sie ist in dieser Beziehung

mit dem Energieprinzip oder mit dem zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie vergleichbar.

Bei der Durchmusterung der allgemeinsten Gesetze der theoretischen Physik hat sich ergeben, dass die Newton'sche Mechanik abgeändert werden muss, um dem Kriterium der Relativitätstheorie zu entsprechen. Es haben sich bei den Kathodenstrahlen und β- Strahlen (Bewegung freier Elektrizitätsteilchen) jene geänderten mechanischen Gleichungen als zutreffend erwiesen. Überhaupt ist bei der Durchführung der Relativitätstheorie weder ein logischer Widerspruch noch ein Konflikt mit Erfahrungsresultaten hervorgetreten.

Es sei hier nur ein Ergebnis der Relativitätstheorie besonders angeführt, weil dieses für die nachfolgenden Darlegungen von Wichtigkeit ist. Nach der Newton'schen Mechanik ist die Trägheit eines aus einer Gesamtheit materieller Punkte konstituierten Systems (Trägheitswiderstand gegen die Schwerpunkts-Beschleunigung des Systems) vom Zustande des Systems unabhängig. Nach der Relativitätstheorie ist dagegen die Trägheit eines isolierten (im Vakuum schwebenden) Systems vom Zustand des Systems derart abhängig, dass diese Trägheit mit dem Energieinhalte des Systems wächst. Nach der Relativitätstheorie ist es also in letzter Linie die *Energie*, welcher das Attribut der Trägheit zukommt. Diese, nicht die träge Masse materieller Punkte, ist es, welcher wir Unzerstörbarkeit zuzuschreiben haben; der Satz von der Erhaltung der Masse geht also auf in dem Satze von der Erhaltung der Energie.

Es wurde oben bemerkt, dass es ein grosser Irrtum wäre, wenn man die Relativitätstheorie als eine Universalmethode betrachten wollte, die es erlaubt, eine sicher zutreffende Theorie aufzustellen zu einem Erscheinungsgebiete, das beliebig wenig empirisch erforscht ist. Die Relativitätstheorie *verringert* nur die zur Aufstellung einer Theorie nötigen empirischen Feststellungen in erheblichen Masse. Es gibt nun ein Gebiet von fundamentaler Wichtigkeit, von dem wir eine so geringe empirische Kenntnis haben, dass diese in Verbindung mit der Relativitätstheorie bei weitem nicht hinreicht für eine eindeutige Festlegung der allgemeinen Theorie. Es ist dies das Erscheinungsgebiet der Gravitation. Hier können wir nur auf dem Wege zum Ziele gelangen, dass wir dem empirisch Bekannten physikalische Hypothesen zugesellen, um die Basis

der Theorie zu vervollständigen. Die folgenden Überlegungen sollen zunächst zeigen, wie man zu den nach meiner Auffassung natürlichsten derartigen Hypothesen gelangt.

Wenn wir von der *Masse* eines Körpers reden, so verbinden wir mit diesem Wort zwei Definitionen, die logisch ganz unabhängig voneinander sind. Wir verstehen unter der *Masse* einesteils die dem Körper zukommende Konstante, welche den Widerstand des Körpers gegen eine Beschleunigung desselben misst (« träge Masse »), andernteils diejenige Konstante des Körpers, welche für die Grösse der Kraft massgebend ist, welche der Körper in einem Schwerefelde erfährt (« schwere Masse »). Es ist *a priori* durchaus nicht selbstverständlich, dass die träge Masse und die schwere Masse eines Körpers übereinstimmen müssen; wir sind lediglich daran *gewöhnt,* deren Übereinstimmung vorauszusetzen. Die Überzeugung von dieser Übereinstimmung stammt aus der Erfahrung, dass die Beschleunigung, welche verschiedene Körper im Schwerefelde erfahren, unabhängig ist von deren Material. Eötvös hat gezeigt, dass die träge und die schwere Masse jedenfalls mit sehr grosser Präzision übereinstimmen, indem er durch Versuche mit der Drehwage eine Existenz von relativen Abweichungen beider Massen voneinander von der Grössenordnung 10^{-8} ausschloss. [1]

Bei radioaktiven Vorgängen werden gewaltige Energiemengen in Form von Wärme frei, welche in die Umgebung abfliessen. Die Zerfallprodukte, welche bei der Reaktion entstehen, haben deshalb nach dem oben dargelegten Ergebnis von der Trägheit der Energie zusammengenommen eine kleinere träge Masse als der vor dem radioaktiven Zerfall vorhandene Stoff. Jene Änderung der trägen Masse ist für derartige Reaktionen von bekannter Wärmetönung von der relativen Grössenordnung 10^{-4}. Würde sich mit der trägen Masse des Systems die schwere Masse nicht gleichzeitig ändern, so müsste sich die träge von der schweren Masse verschiedener Elemente weit mehr unterscheiden, als die Eötvös'-

[1] Eötvös' Versuchsmethode beruht auf folgenden. Auf einen an der Erdoberfläche befindlichen Körper wirkt die Erdschwere und die Zentrifugalkraft. Für die erstere Wirkung ist die schwere, für die zweite die träge Masse des Körpers massgebend. Stimmten beiden nicht überein, so wäre die Richtung der Resultierenden beider (scheinbare Schwere) vom Material des Körpers abhängig. Eötvös bewies durch seine Versuche mit der Drehwage mit grosser Präzision die Nicht-Existenz einer solcher Abhängigkeit.

schen Versuche zulassen würden. Auf diesen wichtigen Punkt hat zuerst Langevin aufmerksam gemacht.

Aus dem Gesagten geht mit grosser Wahrscheinlichkeit die Übereinstimmung der trägen und der schweren Masse abgeschlossener (ruhender) Systeme hervor; ich glaube, dass wir bei dem gegenwärtigen Stande der Erfahrung an der Voraussetzung dieser Übereinstimmung unbedingt festhalten sollen. Damit haben wir eine der wichtigsten physikalischen Forderungen gewonnen, die nach meiner Ansicht an eine Theorie der Gravitation gestellt werden müssen.

Diese Forderung involviert eine weitgehende Beschränkung für Theorien der Gravitation, wie man besonders erkennt, wenn man sie mit dem Satze von der Trägheit der Energie kombiniert. Jeder Energie entspricht träge Masse, und jeder trägen Masse entspricht schwere Masse; die schwere Masse eines abgeschlossenen Systems muss daher durch dessen Energie bestimmt sein. Zu der Energie eines abgeschlossenen Systems gehört auch die Energie seines Gravitationsfeldes; diese selbst muss also nicht nur zur trägen, sondern auch zur schweren Masse des Systems beitragen.

Es sind Theorien der Gravitation von Abraham und von Mie aufgestellt worden. Die Theorie Abrahams widerspricht dem Relativitätsprinzip, diejenige von Mie der Forderung der Gleichheit der trägen und schweren Masse abgeschlossener Systeme. Nach letzterer Theorie würde durch Erwärmen eines Körpers die *träge* Masse desselben nach Massgabe des Energiezuwachses *vergrössert,* nicht aber die schwere Masse; letztere würde bei einem Gase mit steigender Temperatur sogar abnehmen.[1]

Dagegen entspricht eine jüngst von Nordström aufgestellte Theorie der Gravitation sowohl dem Relativitätsprinzip als auch der Forderung von der Schwere der Energie abgeschlossener Systeme mit einer im folgenden angegebenen Beschränkung. Die gegenteilige Behauptung Abrahams in seiner in dieser Zeitschrift erschienenen Abhandlung ist nicht

[1] Diese Wirkungen wären zwar wegen ihrer Kleinheit dem Experiment nicht zugänglich. Aber es scheint mir viel dafür zu sprechen, dass der Zusammenhang zwischen der trägen und schweren Masse *prinzipiell* gewahrt ist, abgesehen von der Art der auftretenden Energieformen. Nach Mie kann man der Tatsache, dass die Gleichheit von träger und schwerer Masse bei radioaktiven Verwandlungen erhalten bleibt, nur durch Annahmen über die spezielle Natur der Energie im Innern des Atoms gerecht werden.

zutreffend. Ich glaube überhaupt, dass aus der Erfahrung ein stichhaltiges Argument gegen Nordströms Theorie nicht geschöpft werden kann.

Nach Nordströms Theorie gilt der Satz von der Schwere der Energie ruhender abgeschlossener Systeme als statistischer Satz. Die schwere Masse eines abgeschlossenen (als Ganzes ruhenden) Systems ist im allgemeinen eine oszillierende Grösse, deren zeitlicher Mittelwert durch die Gesamtenergie des Systems gegeben ist. Der oszillatorische Charakter der Masse bringt es mit sich, dass ein derartiges System beständig Longitudinalwellen der Gravitation aussenden müsste. Doch ist der dabei nach der Theorie zu erwartende Energieverlust so gering, dass er sich unserer Wahrnehmung entziehen müsste.

Es wird jeder nach genauerem Studium von Nordströms Theorie zugeben müssen, dass diese Theorie eine vom Standpunkte der Erfahrung aus betrachtet einwandfreie Einordnung der Gravitation in das Schema der Relativitätstheorie (im engeren Sinne) ist. Wenn ich trotzdem der Meinung bin, dass wir uns mit dieser Lösung nicht zufrieden geben dürfen, so hat dies Gründe erkenntnistheoretischer Art, von denen im folgenden die Rede sein wird.

II. Die Relativitätstheorie im weiteren Sinne.

Die klassische Mechanik sowohl wie die vorhin kurz besprochene Relativitätstheorie im engeren Sinne leiden an einem fundamentalen Mangel, den kein Mensch leugnen kann, der erkenntnistheoretischen Argumenten zugänglich ist. Die zu besprechenden Schwächen unseres physikalischen Weltbildes hat E. Mach in seinen tief eindringenden Untersuchungen über die Grundlagen der Newton'schen Mechanik bereits mit aller Klarheit aufgedeckt, sodass das, was ich in dieser Hinsicht hier vorbringe, auf Neuheit keinen Anspruch machen kann. Ich will den wesentlichen Punkt der Sache an einem Beispiel erläutern, das recht elementar gewählt ist, um das Wesentliche hervortreten zu lassen.

Im Weltraum schweben in grosser Entfernung von allen Himmelskörpern zwei Massen. Dieselben seien einander nahe genug, um Wirkungen aufeinander ausüben zu können. Ein Beobachter verfolge nun die Bewegung beider Körper, indem er stets in Richtung der Verbindungslinie beider Massen nach

dem Fixsterngewölbe visiert. Er wird wahrnehmen, dass die Visierlinie am sichtbaren Fixsterngewölbe eine geschlossene Linie herausschneidet, welche ihren Ort in bezug auf das sichtbare Fixsterngewölbe nicht verändert. Wenn der Beobachter natürlichen Verstand besitzt, aber weder Geometrie noch Mechanik gelernt hat, so wird er so schliessen: « Meine Massen führen eine Bewegung aus, welche wenigstens zum Teil vom Fixsternsystem kausal bestimmt wird. Die Gesetze, nach denen sich Massen in meiner Umgebung bewegen, werden mitbestimmt durch die Fixsterne ». Ein Mann, der durch die Schule der Wissenschaft gegangen ist, wird über die Einfalt unseres Beobachters lächeln und ihm sagen: « Die Bewegung Deiner Massen hat mit dem Fixstern-Himmel nichts zu schaffen; sie wird vielmehr ganz unabhängig von den übrigen Massen durch die Gesetze der Mechanik bestimmt. Es gibt einen Raum R, in dem diese Gesetze gelten. Diese Gesetze sind so, dass Deine Massen fortgesetzt in einer Ebene dieses Raumes bleiben. Das Fixstern-System aber kann in diesem Raum nicht rotieren, weil es sonst durch gewaltige Zentrifugalkräfte zerrissen würde. Es ruht also notwendigerweise (wenigstens beinahe!), wenn es überhaupt dauernd soll existieren können; daher kommt es, dass die Ebene in der sich Deine Masse bewegen, immer durch dieselben Fixsterne hindurchgeht ». — Unser furchtloser Beobachter wird aber sagen: « Du magst ja unvergleichlich gelehrt sein. Aber ebensowenig, als ich je dazu zu bringen war, an Gespenster zu glauben, glaube ich an das riesige Ding, von dem Du mir sprichst, und das Du Raum nennst. Ich kann weder so etwas sehen, noch mir etwas darunter denken. Oder soll ich mir Deinen Raum R als sehr subtiles Körpernetz denken, auf das sich die übrigen Dinge beziehen? Dann kann ich mir ausser R noch ein zweites solches Netz R' denken, das relativ zu R beliebig bewegt ist (z. B. rotiert). Gelten Deine Gleichungen dann auch zugleich relativ zu R'? » Der gelehrte Mann verneint dies mit Sicherheit. Hierauf der Einfältige: « Woher wissen denn aber die Massen, bezüglich welches der « Räume » R, R' etc. sie sich Deinen Gesetzen gemäss bewegen sollen, woran erkennen sie den Raum bezw. die Räume, nach dem sie sich zu richten haben? » Nun ist unser gelehrter Mahn in grösster Verlegenheit. Er betont zwar, dass es derartige privilegierte Räume geben müsse, aber er weiss keinen Grund dafür anzugeben, warum jene Räume vor

anderen ausgezeichnet sein könnten. Hierauf der Einfältige: « Dann halte ich bis auf Weiteres Deine bevorzugten Räume für müssige Erfindung und bleibe bei meiner Auffassung, dass das Fixsterngewölbe das mechanische Verhalten meiner Versuchsmassen mitbestimmt ».

Ich will den Verstoss gegen die elementarsten Postulate der Erkenntnistheorie, deren sich unsere Physik schuldig macht, noch auf eine zweite Weise darlegen. Man wird sich vergeblich bemühen, darzulegen, was man unter Beschleunigung schlechthin eines Körpers zu verstehen hat. Es wird nur gelingen, *relative* Beschleunigungen von Körpern gegen einander zu definieren. Andererseits aber gründen wir unsere Mechanik auf die Voraussetzung, dass zur Erzeugung einer Beschleunigung eines Körpers eine Kraft (Ursache) notwendig ist, wobei wir übersehen, dass wir gar nicht anzugeben vermögen, was wir unter « Beschleunigung » dabei zu verstehen haben, eben weil nur *relative* Beschleunigungen Gegenstand der Wahrnehmung sein können.

Das Bedenkliche unserer Art und Weise des Vorgehens wird sehr hübsch illustriert durch einen Vergleich, den ich meinem Freunde Besso verdanke. Man denke sich in eine frühere Zeit zurückversetzt, in der man annahm, dass die Erdoberfläche angenähert *eben* sei. Es existiere folgende Auffassung unter den Gelehrten. Es gibt in der Welt eine physikalisch bevorzugte Richtung, die Vertikale. In dieser Richtung fallen alle Körper, wenn sie nicht gestützt sind. Hierauf ist es zurückzuführen, dass auf dieser Richtung die Erdoberfläche im Wesentlichen senkrecht steht, also der ebenen Form zustrebt. Besteht hier der Fehler darin, dass man unbegründeter Weise eine Richtung vor den anderen bevorzugt (fiktive Ursache), statt einfach die Erde als die Ursache des Fallens anzusehen, so besteht er in unserer Physik darin, dass man bevorzugte Bezugssysteme unbegründeter Weise als fiktive Ursachen einführt; beide Fälle sind durch den Verzicht auf die Aufstellung eines zureichenden Grundes gekennzeichnet.

Da nicht nur die klassische Mechanik sondern auch die Relativitätstheorie im engeren Sinne den im vorigen dargelegten fundamentalen Mangel aufweist, habe ich mir zum Ziele gesetzt, die Relativitätstheorie derart zu verallgemeinern, dass diese Unvollkommenheit vermieden wird. Zunächst erkannte ich, dass der allgemeinen Gravitation in einer solchen

Theorie eine ganz fundamentale Rolle zugeteilt werden müsse. Denn aus dem früher Dargelegten geht schon hervor, dass jeder physikalische Vorgang, weil ihm Energiegrössen entsprechen, auch ein Gravitationsfeld erzeugen muss. Andererseits legt die Erfahrungstatsache, dass alle Körper in einem Gravitationsfelde gleich schnell fallen, die Auffassung nahe, dass sich in einem Gravitationsfelde die physikalischen Vorgänge genau so abspielen, wie relativ zu einem beschleunigten Bezugssystem (Äquivalenzhypothese). Indem ich diese Auffassung zugrunde legte, kam ich zu dem Ergebnis, dass die Geschwindigkeit des Lichtes nicht als vom Gravitationspotential unabhängig anzusehen sei. Das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ist also mit der Äquivalenzhypothese unvereinbar; die Relativitätstheorie im engeren Sinne lässt sich daher nicht mit ihr in Einklang bringen. Ich wurde so dazu geführt, die Relativitätstheorie im engeren Sinne nur für Gebiete als zutreffend anzusehen, innerhalb welcher keine merkbaren Differenzen des Gravitationspotentials vorkommen. Die Relativitätstheorie (im engeren Sinne) war durch eine allgemeinere Theorie zu ersetzen, welche erstere als Grenzfall in sich schliesst.

Der zu dieser Theorie führende Weg lässt sich durch Worte nur ganz unvollkommen beschreiben.[1] Das aus der Äquivalenz-Hypothese folgende Bewegungsgesetz des Massenpunkts im Schwerefelde lässt sich leicht in solcher Form schreiben, dass dies Gesetz von der Wahl der Ort und Zeit bestimmenden Variabeln vollkommen unabhängig ist. Damit, dass man die Wahl dieser Variabeln *a priori* ganz willkürlich lässt, also keine bestimmten raum-zeitlichen Systeme bevorzugt, entgeht man dem oben dargelegten erkenntnistheoretischen Einwand. In jenem Bewegungsgesetz tritt eine Grösse

$$d s^2 = \sum_{\mu\nu} g_{\mu\nu} \, dx_\mu \, dx_\nu$$

auf, welche eine Invariante ist, d. h. eine von der Wahl des Bezugssystems (d. h. von der Wahl der vier raum-zeitlichen Koordinaten) unabhängige Grösse ist. Die Grössen $g_{\mu\nu}$ sind Funktionen von $x_1 \ldots x_4$ und dienen zur Darstellung des Gravitationsfeldes.

[1] Vgl. A. EINSTEIN u. M. GROSSMANN, « Zeitschrift f. Math. & Physik », 62, S. 225, 1914.

Mit Hilfe des absoluten Differenzialkalküls, welcher von Ricci und Levi-Civita auf Grund mathematischer Untersuchungen von Christoffel entwickelt wurde, gelingt es, auf Grund der Existenz obiger Invariante, an Stelle der bekannten Gleichungssysteme der theoretischen Physik solche (im Falle der Konstanz aller $g_{\mu\nu}$) gleichbedeutende zu setzen, welche durchaus unabhängig von der Wahl der raum-zeitlichen Koordinaten x_ν gültig sind. Alle derartigen Gleichungssysteme enthalten die Grössen $g_{\mu\nu}$, d. h. die das Gravitationsfeld bestimmenden Grössen. Letztere haben daher Einfluss auf alle physikalischen Vorgänge.

Umgekehrt müssen aber auch die physikalischen Vorgänge das Gravitationsfeld, d. h. die Grössen $g_{\mu\nu}$ bestimmen. Zu den diesen Grössen bestimmenden Differenzialgleichungen gelangt man vermittelst der Hypothese, dass für das materielle Geschehen und das Gravitationsfeld zusammen die Erhaltungssätze des Impulses und der Energie gelten müssen. Diese Hypothese beschränkt nachträglich auch die Wahl der raum-zeitlichen Variabeln x, ohne dass jedoch dadurch die oben auseinandergesetzten erkenntnistheoretischen Bedenken wieder wachgerufen würden. Denn es gibt gemäss dieser verallgemeinerten Relativitätstheorie keine bevorzugten Räumen eigentümliche physikalische Qualitäten mehr. Der Ablauf aller Vorgänge wird durch die Grössen $g_{\mu\nu}$ beherrscht, die ihrerseits wieder durch das physikalische Geschehen des ganzen übrigen Weltalls bestimmt werden.

Dem Satze von der Trägheit und der Schwere der Energie ist in der Theorie vollkommen Genüge geleistet. Die Bewegungsgesetze schwerer Massen sind ferner derart, dass nicht die absolute Beschleunigung (Beschleunigung gegen den « Raum ») als das für das Auftreten des Trägheitswiderstandes Massgebende erscheint, sondern — wie dies aus den obigen Überlegungen heraus gefordert werden muss — die Beschleunigung gegenüber andern Körpern.

Die Relativitätstheorie im weiteren Sinne bedeutet nicht ein Verlassen der früheren Relativitätstheorie, sondern eine Weiterentwicklung der letzteren, welche mir aus den angeführten erkenntnistheoretischen Gründen geboten erscheint.

Zürich, Polytechnicum.

A. Einstein

DAS MILCHSTRASSENPROBLEM

Wie ist die Welt entstanden? Diese Frage hat seit der Morgenröte der Kultur die Gedanken der Menschen in Bewegung gesetzt. Und doch muss man sagen, dass eine Beantwortung dieser Frage uns keinen direkten Nutzen bringen würde, es wäre also nach Ostwalds Ansicht unwissenschaftlich, sich damit zu beschäftigen. Auf der anderen Seite hört man nicht selten die Meinung, dass die Hypothesen von Kant und von Laplace, obgleich sie keineswegs der jetzigen Stellung der Wissenschaft entsprechen, die schönste Blüte menschlichen Denkens darstellen. Wo liegt da die Wahrheit?

Eine Antwort auf diese Frage erhalten wir aus der geschichtlichen Entwicklung der Astronomie in ihrer Kindheit. Ohne Zweifel entstand die Astronomie aus reinen Rücksichten auf die Nützlichkeit, wie ich in einem früheren Artikel in dieser Zeitschrift nachzuweisen versucht habe.[1] Es war die Voraussagung der Wechsel der Jahreszeiten in Bezug auf Temperatur, Feuchtigkeit, Niederschlag, Wasserstand u. s. w., welche zu den ersten Beobachtungen über die Stellung der Himmelskörper Anlass gab. Die mexikanischen und die babylonischen Gelehrten sammelten während Jahrtausenden Erfahrungen darüber, tabellierten sie und verbesserten allmählich diese Tabellen, unseren Ephemeriden entsprechend. Es war hier aber nur die einfache Zeitbestimmung der Stellungen der Himmelskörper, welche sich geltend machte. Auch der grösste von den in Babylon lebenden Astronomen, Kidinnu (im Anfang

[1] « Scientia », 9, 287, 1911.

des zweiten Jahrhunderts vor Chr.), versuchte niemals die Bewegungen der Sterne durch eine einfache Verallgemeinerung zu ergründen. Dieser grosse Schritt wurde von den Griechen getan, und zwar nicht von den Philosophen in Athen, von denen die meisten Schriften uns überliefert sind, sondern von denjenigen in Süd-Italien und auf Sizilien und später von denjenigen in Alexandria. Schon die Pythagoräer (etwa 500 v. Chr.) nahmen ein Zentralfeuer an, um welches herum die Himmelskörper sich bewegten, und sie würden unsren Anschauungen recht nahe gekommen sein, wenn sie die Sonne mit dem Zentralfeuer identifiziert hätten. Den Höhepunkt erreichte Aristarchos (geb. um 270 v. Chr.) der das Kopernikanische System tatsächlich erfand.

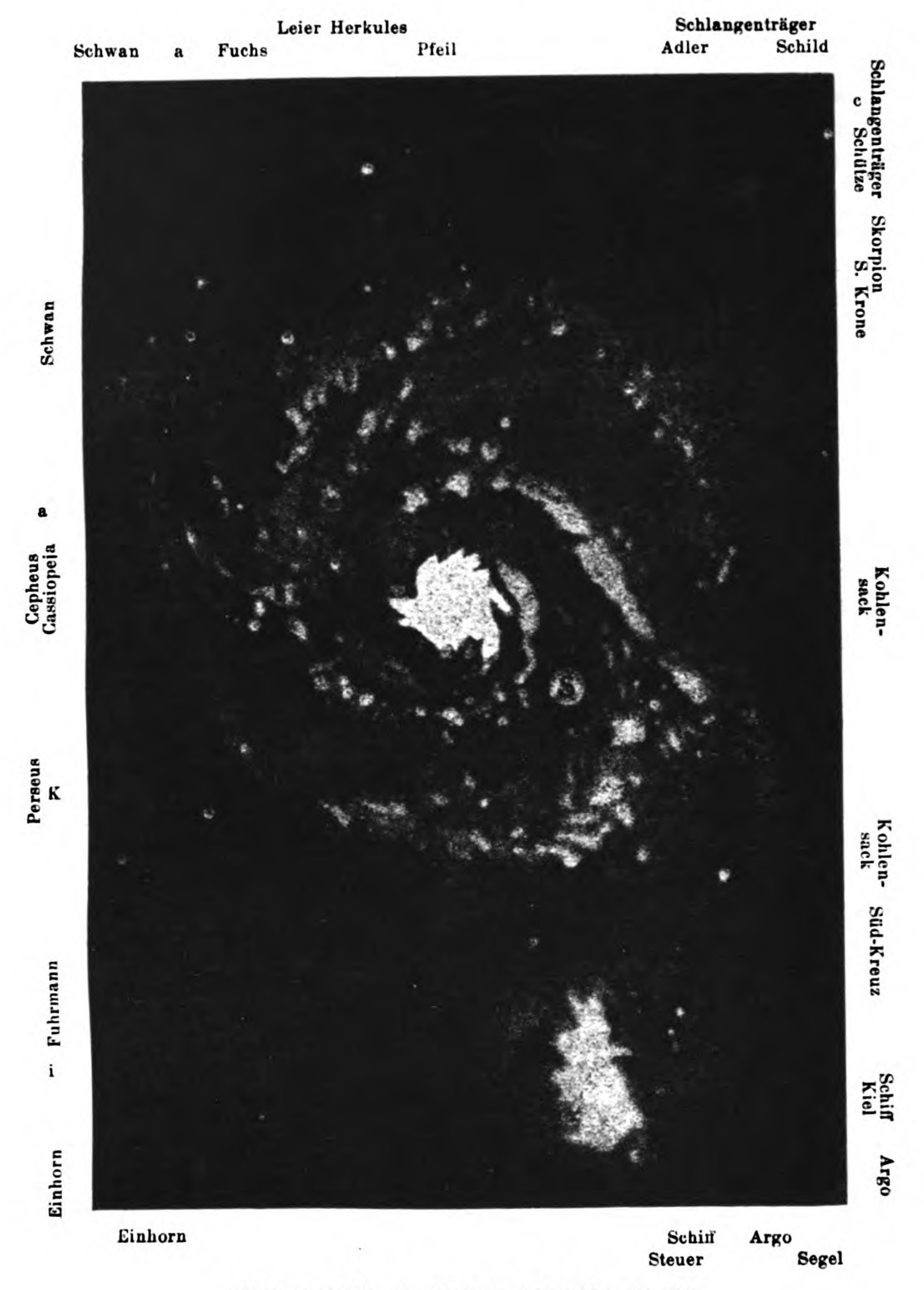
Obgleich nun Aristarchos — wie überhaupt die Astronomen soweit es nicht die reine Zeitbestimmung gilt — keinen direkten Nutzen weder für sich noch für andere aus seinen Ansichten zu ziehen vermochte, müssen wir ihm — sowie der Astronomie überhaupt — die grösste Bewunderung widmen. Er war der erste welcher eine richtige wissenschaftliche Auffassung des Planetensystems erreichte. In diesem Fall erkennen wir ohne Weiteres die grosse Bedeutung einer scheinbar « nutzlosen » wissenschaftlichen Deduktion. Den ersten Rang unter diesen Deduktionen nehmen die kosmogonischen Hypothesen ein. Dies ist in allen Zeiten anerkannt gewesen.

Bis zu dem neunzehnten Jahrhundert gab es noch zu wenig Beobachtungen über die ausserhalb des Sonnensystems befindlichen Himmelskörper, um andere Meinungen über ihre Natur auszubilden, als dass sie vermutlich derselben Art sind, wie diejenigen der zum Sonnensystem gehörigen Körper. Durch Herschels Beobachtungen über die Nebel wurde das erste bedeutende neue Material über die Natur der entfernteren Himmelskörper geschaffen, welches nach Einführung der Spektral-Analyse und der Himmelsphotographie besonders im letzten Jahrhundert enorm gewachsen ist.

Alle Untersuchungen über die sichtbaren Himmelskörper deuten darauf hin, dass sie in enger Beziehung zur Milchstrasse stehen. Was ist denn die Milchstrasse? Die wahrscheinlichste Antwort darauf hat der Holländer Easton gegeben. Die Milchstrasse ist ein ungeheuer grosser Spiralnebel. Die Spiralnebel sind ausserordentlich verbreitet auf dem Himmelsgewölbe; es wäre ja danach nicht sonderbar wenn

die Milchstrasse dieser stark verbreiteten Klasse von Himmelskörpern angehörte. Man muss aber zugeben, dass die Easton'sche Zeichnung der Milchstrasse, als Nebel gedacht, nicht ganz überzeugend wirkt. Denn während die gut ausgebildeten Spiralnebel zwei Spiralarme zeigen, gibt die Easton'sche Darstellung dem Milchstrassengebilde nicht weniger als vier bis fünf solche. Ausserdem verschmelzen darauf die Arme der Milchstrasse in ihren äussersten Windungen zu einem Kreis, während bei den Spiralnebeln die Arme gewöhnlich um so mehr auseinander gehen, je weiter sie sich von dem Kern der Nebel entfernen. Diese Schwierigkeit ist jedoch gehoben, seitdem ich nachgewiesen habe, dass wenn man die Sonne mit der Erde zwischen den zwei Spiralen in dem typischen Spiralnebel Messier 51 in den Jagdhunden verlegt denkt (vgl. das beigegebene Bild davon, wo der Platz der Sonne durch *S* bezeichnet ist), so erhält man von diesem Aussichtspunkt ein Bild, das bis auf kleine Einzelheiten überraschend gut mit dem Aussehen der Milchstrasse übereinstimmt.

Wenn wir vom Punkt *S* (von der Sonne) nach den Punkten *a* zwei Linien ziehen, welche die Zentralmasse des Nebels einschliessen, so erblicken wir zwischen ihnen die hellste Stelle des Nebels, welche der Milchstrasse im Schwan entspricht, links davon sehen wir — wenn *S* etwa ein Centimeter über dem Papier liegt — eine dunkle Öse von zwei Armen (der Milchstrasse in Cepheus und in Cassiopeja) eingeschlossen, weiter nach links davon kommt eine sehr lichtschwache Stelle in der Richtung nach *K* (in Perseus), danach wieder eine kräftigere Partie (in Perseus und im Fuhrmann), sodann eine Abschwächung (bei *i* an der Grenze zum Einhorn). Nun sind wir am südlichen Sternhimmel, wir haben den starken Lichtglanz im Einhorn und gegenüber dem Schwan im Schiff Argo und weiter im Süd-Kreuz. (In der Milchstrasse liegt zwischen Einhorn und Schiff eine lichtschwache Stelle die in Messier 51 fehlt). Jetzt kommen zwei fast lichtlose Stellen, wo der Nebel zerrissen ist, — sie entsprechen den « Kohlensäcken » — und dann sehen wir den Nebel wiederum doppelt, oben den Zweig durch den Skorpion, den Schlangenträger, Herkules und die Leier, unten die ausserordentlich kräftige Verzweigung im Schützen, Schild, Adler, Pfeil und Fuchs. — Der obere Bogen ist in der Milchstrasse kräftiger als in der



Photographie des Spiralnebels Messier 51
in den Jagdhunden, aufgenommen in Mount Wilson, Süd-Kalifornien.

Vorlage. — Jetzt sind wir zum Ausgangspunkt im Schwan zurückgelangt, wo die breite Zentralmasse die hinter ihr liegende Spirale verdeckt.

In letzter Zeit sind die Spektren der Spiralnebel mit grosser Genauigkeit von Fath in Mount Wilson und von Wolf in Heidelberg untersucht worden. Sie finden, dass die Spektren hauptsächlich denjenigen der gelben Sterne, wie demjenigen der Sonne, ähneln. Daneben kommen einige helle Linien vor, die denjenigen in den sogenannten Wolf-Rayet-Sternen ähneln. Daraus muss man schliessen, dass die hellsten Sterne in den Spiralnebeln etwa wie die Sonne (der Sternenklasse G) zusammengesetzt sind, oder etwas weniger entwickelt sind (Sternenklasse F nach der in Harward-University in Cambridge, Amerika, eingeführten Klassifizierung). Ausserdem kommen da leuchtende Gase vor, wie in der Umgebung der Wolf-Rayet-Sterne. Dieser Befund schien anfangs nicht mit der Zusammensetzung der Milchstrasse übereinzustimmen, denn die Ansicht war bis vor kurzem geltend, dass die Sterne der Milchstrasse überwiegend weisse Sterne seien. Indessen hat Fath 1912 mit den ausserordentlich kräftigen Hülfsmitteln in Mount Wilson ein Spektrum des schwach leuchtenden Hintergrundes der Milchstrasse aufgenommen, wo die Sterne ausserordentlich lichtschwach sind und so nahe aneinander liegen, dass sie nicht von einander getrennt werden können. Es zeigte sich, dass dieses Spektrum ein kontinuierliches ist mit einigen dunklen Linien, welche bei den Sternen vom Sonnentypus vorkommen. Die Mehrzahl der Sterne in der Milchstrasse ist demnach ungefähr so wie unsre Sonne konstituiert. Ausserdem fand Fath im genannten Spektrum eine helle Linie, die jedoch, schwach entwickelt und vielleicht zweifelhaft ist. Wir wissen jedoch, dass in der Milchstrasse eine sehr grosse Anzahl von unregelmässigen Nebeln vorkommen, die das von hellen Linien gekennzeichnete Nebelspektrum ergeben. Es herrscht also auch auf diesem Punkt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen der Milchstrasse und den Spiralnebeln. Nebenbei sei bemerkt, dass das Spektrum der Sternhaufen ähnlich aussieht, worauf wir später zurückkommen.

Schon Demokrit äusserte die Ansicht, dass die Milchstrasse aus einer Unzahl von kleinen Sternen zusammengesetzt ist, welche unsrer Sonne ähneln. Der divinatorische Blick dieses

grössten Naturphilosophen der antiken Welt hat sich also auch in diesem Fall bewährt.

Wie sind nun die Spiralnebel entstanden? Ihre Form deutet darauf hin, dass zwei Ströme von Materie, vermutlich in Gasform, aus zwei diametral entgegengesetzten Punkten einer drehenden Kugel herausgeströmt sind. Diese starke Bewegung und Ausströmung kann kaum anders als die Folge eines Zusammenstosses vorgestellt werden. Schon Ritter hat 1878 in seinen klassischen Untersuchungen über gasförmige Himmelskörper die Bildung von spiralförmigen Gebilden als die Folge eines Zusammenstürzens zweier Sonnen dargestellt. Alle späteren Forscher auf diesem Gebiet sind ihm gefolgt, wobei bisweilen jedenfalls Modifikationen seiner Theorie entstanden sind. Die bekannteste ist wohl diejenige von Moulton, welcher zu zeigen versucht hat, dass eine spiralförmige Anordnung der Materie auch in dem Fall hervorgebracht werden kann, wenn zwei Himmelskörper nahe aneinander kommen ohne einander zu berühren. Es wäre dies die Folge einer Art von Gezeitenwirkung. Zweifelhaft ist, ob die regelmässigen Spiralen, die wir an dem Himmel beobachten, in dieser Weise entstehen können. Ich habe darauf hingewiesen, dass der enorme Druck und die starke Hitze im Inneren der Sterne den Effekt bedeutend erhöhen. Sind die zwei zusammentreffenden Gasmassen verschieden gross, so werden die zwei Spiralen wie in Messier 51 verschieden hell.

Nun sind Zusammenstösse zwischen Sternen äusserst selten. Einzelne Sterne von solcher Grösse, dass zwei von ihnen zu einer Milchstrasse Ursprung geben könnten, sind uns ausserdem unbekannt. Folglich kann die Milchstrasse wohl nicht aus zwei Sternen entstanden sein. Eine viel bedeutendere Grösse besitzen die enormen planetarischen Nebel. Von einem derselben, dem sogenannten Eulennebel im grossen Bären (N.° 5 in Herschels Katalog), kann man berechnen, dass er einen Durchmesser von 3 Lichtjahren besitzt, wenn er uns ebenso nahe liegt — d. h. in etwa 10000 Lichtjahren Entfernung — wie der nächste Teil der Milchstrasse (vgl. weiter unten).

Wenn nun zwei solche Gasnebel zusammenstiessen, würden bei der unter solchen Himmelskörpern gewöhnlichen relativen Geschwindigkeit von 20 bis 30 Kilometer in der Sekunde, etwa 20000 bis 40000 Jahre vergehen, bis sie aneinander vorbei kämen. Die Teile — die Zentralmasse des werdenden

Nebels — welche gegeneinander getroffen wären, würden zum Stillstand kommen, d. h. die mittlere relative Geschwindigkeit annehmen. Dabei würde ihre Temperatur um etwa 5000 bis 10000 Grad wachsen, d. h. einen sehr hohen Hitzegrad erreichen. Durch die grosse Temperatursteigerung würde die Geschwindigkeit der zusammengestossenen Moleküle stark zunehmen und sie würden nach allen Richtungen hinausfliegen und ihre Bewegung den nächstliegenden Gasmolekülen zum Teil abgeben. Die Geschwindigkeit der Gasmasse würde daher vom Zentrum nach aussen zunehmen und demzufolge würde eine drehende Bewegung der ganzen Masse unter dem Einfluss der Schwerkraft entstehen. Die am weitesten nach aussen liegenden Gasmassen würden relativ ungestört ihren Weg fortsetzen, während die näher dem Drehungs-Zentrum gelegenen Teile eingerollt werden würden, und auf diese Weise würde eine spiralförmige Bildung entstehen, ungefähr wie wenn zwei Sonnen zusammengestossen wären.

Aus dieser Nebelspirale würden sich dann allmählich durch Zusammenballung die Sterne entwickeln. Man beobachtet in den Spiralen der Nebel starke Kondensationsknoten, wo die Sterne in grossen Anhäufungen liegen. Daneben liegen Stellen, die dunkel erscheinen, also relativ leer sind. Die Sterne setzen natürlicherweise anfangs die Bewegung der Nebel-Materie fort, fangen aber dann an, gegeneinander zu gravitieren, so dass die Bewegungen um so unregelmässiger werden, je länger sie eine selbstständige Existenz geführt haben. So lange der Nebel da war, verhinderte die gleichmässige Verteilung der Materie längs des Spiralbogens eine Verschiebung in der Richtung des Bogens, und senkrecht dazu konnte nur eine langsame vom Gasdruck und der Kondensationswärme entgegengehaltene Zusammenziehung stattfinden.

Wenn man die Nebel und Sterne in diesem Bogen von einem daraus abgeschiedenen Stern, der die ursprüngliche Bewegung behält, beobachtet, so findet man, dass die Nebelteile keine Bewegung in der Visierlinie besitzen, dagegen die Sterne um so heftiger sich bewegen, je älter sie sind. Diese Eigentümlichkeit ist, nach der Statistik, welche Boss, Campbell, Kapteyn u. a. gesammelt haben, sehr auffallend. Ich gebe unten die sehr beleuchtende Statistik von Kapteyn, wobei die jüngsten Himmelskörper zuerst stehen.

Himmelskörper	Geschwindigkeit	Anzahl
Diffuser Nebel in Orion	0,1 Km.	1
Wolf-Rayet-Sterne	3,7 »	2
Helium-Sterne (B bis B 9)	6.5 »	64
Weisse H-Sterne (A bis A 5)	12,6 »	18
» » (F bis F 8)	14.5 »	17
Gelbe Sterne (G bis G 5)	12,6 »	26
» » (K bis K 5)	15,4 »	55
Rote Sterne Ma	19,3 »	6
Rubinrote Sterne N	13,1 »	8
Planetarische Nebel	26,8 »	13

Die in Klammern angegebenen Klassen der Sterne entsprechen der Klassifikation im Harvard-Katalog. Die rubinroten Sterne fügen sich nicht in die Reihe ein, was vielleicht mit der geringen Anzahl der beobachteten Objekte zusammenhängt, vielleicht auch damit dass man ihr Alter zu hoch geschätzt hat.

Über diese Verhältnisse hat Kapteyn neuerdings in dieser Zeitschrift [1] einen ausführlichen Bericht gegeben, auf welchen ich hier hinweise.

Eine scheinbare Ausnahme machen die planetarischen Nebel. Nach ihrer Bewegung zu urteilen, sollten sie zu den ältesten Himmelskörpern gehören. Auf der anderen Seite zeigt ihr Gas-Spektrum, dass sie noch nicht angefangen haben sich in höherem Grade zu kondensieren, also ganz jung in ihrer Entwicklung sind, ebenso wie die diffusen Gasnebel. — In ihrem Zentrum beobachtet man gewöhnlieh einen Stern, der heisser und dichter ist als die Umgebung. — Die einzige Erklärung ist, dass diese Körper aus anderen Sternensystemen in die Nähe der Milchstrasse eingewandert sind. Sie besitzen dabei die ganze relative Bewegung des fremden Sternsystems zu unsrem und sind auch vielleicht durch die Anziehung zu unsrem System gerade in der Richtung der Visierlinie beschleunigt.

Um Näheres über diese interessante Klasse von Himmelskörpern zu erfahren, die von Keeler [2] beobachtet sind, habe ich für jedes einzelne der dreizehn Objekte die Lage in bezug auf die Milchstrasse und die Eigenbewegung berechnet. Fünf derselben fallen innerhalb der Milchstrasse, ihre Bewegung in

[1] Kapteyn, « Scientia », 14, 345, 1913.

[2] Keeler, « Publications of the Lick Observatory », 3, 217, 1894. Vgl. Arrhenius, « Meddelanden från K. Vet.-Akad's Nobelinstitut », 2, N. 21, 1912.

der Visierlinie ist, wenn man wegen der Bewegung der Sonne korrigiert oder nicht korrigiert:

+ 6,5 (— 3,3), — 24,4 (— 32,0, unsicher), + 15,0 (+ 6,3)
+ 39.4(+ 30,1) und + 34,4 (+ 25,3, unsicher).

Die unkorrigierten, direkt von Keeler beobachteten Ziffern stehen in Klammern. Nach den korrigierten Ziffern bewegen sie sich alle von uns weg (das + Zeichen hat diese Bedeutung) mit Ausnahme der zweiten. Die mittlere Geschwindigkeit ist nicht weniger als 24 englische Meilen — das von Keeler angewandte Längenmass — oder 38,6 Km. pro Sekunde.

Die anderen fallen ausserhalb des Milchstrassengürtels. Ich teile sie in folgende zwei Gruppen ein.

Zwei liegen 5 bzw. 6 Grad, zwei andere 15 bzw. 16 Grad von dem nächsten Punkt der Milchstrasse entfernt. Ihre Geschwindigkeiten sind + 4,1 (— 6,0) bzw. — 1,2 (— 7.1) und — 3,4 (— 10,4) bzw. — 31,4 (— 40,2) englische Meilen in der Sekunde. Die übrigen vier sind weiter von der Milchstrasse entfernt, nämlich 31, 35, 36 und 42 Grad. Ihre Geschwindigkeiten sind bzw. — 10,9 (— 21,3), — 17,0 (— 6,3, unsicher), — 24,8 (— 30,9) — 1,7 (+ 3,7) englische Meilen in der Sekunde. Alle mit Ausnahme eines einzigen, welcher übrigens am nächsten zur Milchstrasse liegt, besitzen negative Geschwindigkeiten, d. h. sie nähern sich uns, und zwar mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 11 englischen Meilen oder 17 Kilometer in der Sekunde.

Diese grosse Regelmässigkeit deutet darauf hin, dass diese ausserhalb der Milchstrasse gelegenen Nebel auf die Milchstrasse sich hinstürzen — dass in einem Fall ein Nebel sich von unsrem Standpunkt entfernt, kann ja sehr leicht dadurch erklärt werden, dass er mit einer Anfangsgeschwindigkeit in unsre Nähe gekommen ist, welche ihn von uns entfernt, obgleich die Bewegung nach der Ebene der Milchstrassenspirale hin gerichtet ist. Die gemeinsame Bewegungsrichtung kann nicht wohl in anderer Weise erklärt werden, als dass alle diese Nebel von der Anziehung der Milchstrasse in diese Richtung gelenkt worden sind.

Ganz umgekehrt verhalten sich die Nebel, die in der Milchstrasse liegen. Mit Ausnahme des zweiten, der im Schlangenträger sich befindet, liegen sie alle in den Sternbildern

Schwan, Pfeil und Adler, also von uns gesehen nach dem Zentrum der Milchstrasse hin. Es ist ja natürlich, dass die Gravitation sie zu diesem Zentrum hinzieht, wonach sie sich von uns entfernen müssen. Dagegen gilt dies nicht für den im Schlangenträger befindlichen Nebel. Wie das Bild zeigt, wird er, wenn er zum dichtesten Teil der Milchstrasse hinsteuert, sich der Sonne nähern. Da wir nur ein einziges solches Beispiel besitzen, dürfte es verfrüht sein, allzu grosses Gewicht darauf zu legen, es ist aber ersichtlich dass man aus dem Studium der Bewegungen der planetarischen Nebel sich in bezug auf den Bau der Milchstrasse zu orientieren vermag.

Etwas ähnliches kann man in bezug auf die Verteilung der verschiedenen Sternenklassen sagen. In dieser Beziehung ist eine Statistik von E. C. Pickering[1] sehr beleuchtend. Er teilte den Himmel in vier gleiche Teile nach der galaktischen Breite ein und sah nach, wie stark die verschiedenen Sternenklassen in diesen vier Himmelsgegenden vertreten sind. Wenn die Verteilung auf einem Spiel des Zufalls beruht, müssen bei einer grossen Zahl von Sternen etwa 25 Prozent jeder Sternenklasse in jeder Gegend eingeschlossen sein. Sie kommen aber viel häufiger in der Nähe der Milchstrasse vor, und das in um so höherem Grade, je jünger die Sterne sind, wie aus folgender Tabelle, die nach dem Alter der Sterne geordnet ist, sehr deutlich hervorgeht. Die Statistik umfasst Sterne bis zur Grösse 6,25.

Harvard-Klasse	Geg. I ± 8,1° gal. Br.	Geg. II ± 21,6° gal. Br.	Geg. III ± 39,8° gal. Br.	Geg. IV ± 62,3° gal. Br.
B	367 = 51,3 %	227 = 31,7 %	85 = 11,9 %	37 = 5,2 %
A	705 = 37,4 »	539 = 28,6 »	345 = 18,3 »	296 = 15,7 »
F	212 = 29,4 »	200 = 27,8 »	152 = 21,1 »	156 = 21,7 »
S	183 = 30,1 »	170 = 27,9 »	128 = 21,0 »	128 = 21,0 »
K	505 = 29,4 »	459 = 26,7 »	377 = 21,9 »	378 = 22,0 »
M	122 = 26,7 »	126 = 27,6 »	108 = 23,6 »	101 = 22,1 »

Die roten Sterne in der Klasse M sind die ältesten. Sie sind so lange von dem umliegenden Nebel frei gewesen, dass sie alle mögliche Bewegungsrichtungen senkrecht zur Strömungsrichtung des Nebels angenommen haben und sind infolgedessen fast unregelmässig verteilt wie nach der Regel des Zufalls. Es bleibt nur ein sehr geringes Übergewicht von

[1] E. C. Pickering, « Annals Harward C. O. », 64 (4), 143, 1909.

etwa 5 Prozent zum Vorteil der Gegenden, die am nächsten der Milchstrasse liegen. Ganz anders verhalten sich die Sterne der Klasse B (Helium-Sterne), welche nur vor relativ kurzer Zeit aus dem Nebel heraustraten. Da ist das Übergewicht zum Vorteil der Gegend I ganz enorm, und in der Gegend IV befinden sich nur 5,2 Prozent dieser Sterne, also nur ein Zehntel so viel wie in der gleich grossen Gegend I. Die Statistik zeigt sehr deutlich, wie die Verteilung um so gleichmässiger in den vier Gegenden wird, je älter die Sterne sind. Aus näher detaillierten Untersuchungen wird man ermitteln können, welche Teile der Milchstrasse zuerst und welche sich zuletzt aus dem Nebelzustand kondensiert haben.

Aus dem Umstand, dass alle die planetarischen Nebel welche in der Milchstrasse liegen sich dessen Zentrum nähern sind wir erlaubt zu schliessen, dass sie einen grossen Widerstand in ihrer Bewegung erleiden. Dies ist natürlich eine Folge davon, dass in der Ebene der Milchstrasse noch viel Nebelmaterie zerstreut liegt. Dies tritt auch in dem Umstande hervor, dass die grossen diffusen Nebel in der unmittelbaren Nähe oder in der Milchstrasse selbst liegen, wie der Orion-Nebel, mehrere Nebel im Schwan, in Cassiopeja, in Perseus in den Plejaden, im Walfisch u. s. w. Kapteyn findet ebenfalls, dass die Auslöschung des Sternenlichtes in der Nähe der Milchstrasse grösser ist als weiter davon, wogegen jedoch Comstock Einspruch erhoben hat.

Infolge dieses Umstandes sind die planetarischen Nebel, obgleich sie ursprünglich nicht unsrem Milchstrassensystem angehörig, sondern darin eingewandert sind, relativ stark in der Milchstrasse angehäuft, wo sie etwa doppelt so häufig vorkommen wie am anderen Himmelsgewölbe. Etwas ähnliches gilt in bezug auf den Sternhaufen, worüber R. A. Proctor und Sidney Waters Karten gezeichnet haben, die von T. J. J. See in seiner *Evolution of stellar systems,* Vol. 2, p. 102, 1911, reproduziert sind. Nach Fath sind die Spektra dieser Himmelskörper derselben Art wie dasjenige der Milchstrasse. Diese Gebilde zeichnen sich durch ihre fast kreisrunde Begrenzung, also wie die planetarischen Nebel aus. Es liegt daher nahe anzunehmen, dass sie aus planetarischen Nebeln durch ihre Kondensation entstanden sind, ebenso wie die Milchstrassen-Sterne aus ihrem Urnebel. V. Zeipel hat eine eingehende Studie dieser Himmelskörper ausgeführt und kommt zu dem

Schluss, dass wir auch nicht ein Hundertstel von allen den in dem Haufen befindlichen Sternen wahrnehmen. Sie sind demnach teilweise sehr mächtige Bildungen von etwa hunderttausend Sternen und ihre Masse scheint demnach wohl mit der Riesenmasse einiger planetarischer Nebel vereinbar zu sein.

Nach den Zeichnungen von Proctor und Waters scheinen die Sternhaufen die ganze Milchstrasse entlang vorzukommen, nach Perrine[1] befindet sich eine starke Verdichtung derselben in der Gegend des Schützen, Adlers und Schlangenträgers, wo die Milchstrasse sehr breit und verzweigt ist, dagegen ist der nördlichste Teil der Milchstrasse (in Cassiopeja und ihrer Nähe) fast frei von Sternhaufen. Ausserdem zeichnen die Sternhaufen sich dadurch aus, dass sie sehr reich sind an schwachen Sternen (15. bis 17. Grösse), die da einen Hintergrund bilden, ebenso wie in der Milchstrasse, während ausserhalb der Haufen und der Milchstrasse diese schwachen Sterne etwa vier bis zehn mal seltener sind als die grösseren (10. bis 13. Grösse). Alles deutet demnach darauf hin, dass die Sternhaufen einen ähnlichen Bildungsgang durchgemacht haben wie die Milchstrasse.

Nach Kapteyn haben die zwei von ihm entdeckten Sternentrifte, welche die Mehrzahl der sichtbaren Sterne enthalten, ihren Ursprung in Urnebeln gehabt. Wir werden demnach auch auf dem von ihm betretenen Weg zu dem Schluss geführt, dass bei der Bildung der Milchstrasse ganz enorme Nebelmassen von einheitlicher Bewegung bestanden haben, welche jedenfalls die grössten uns bekannten planetarischen Nebel bei weitem übertreffen. Nach der oben durchgeführten Ansicht ist die Milchstrasse durch den Zusammenstoss zweier solcher Nebel entstanden. Die grossen Sterne, welche wir beobachten, liegen uns jedenfalls fast alle sehr nahe und sind demnach aus den zwei uns nächstliegenden Windungen des Spiralnebels abgesondert. Es ist demnach verständlich, dass zwei Hauptrichtungen in ihren Bewegungen vorwiegen. Wenn wir die entferntesten Sterne in den hinter dem Nebel-Zentrum gelegenen Teilen beobachten könnten, würden wir vermutlich eine entgegengesetzte Bewegung wahrnehmen. Die Entfernung ist aber sehr gross. Nach Kelvins Schätzung ist der Durchmesser der Milchstrasse, welcher wohl mit der Entfer-

[1] Perrine, « Lick Observatory Bulletin », 155. 1909.

nung der zwei uns am nächsten liegenden Spiralbogen von einander übereinstimmt, 3000 Lichtjahre, nach M. Wolf ist diese Entfernung noch siebenmal grösser. Diese letztere Schätzung ist wohl die wahrscheinlichere. Es ist demnach sehr unwarhrscheinlich, dass wir eine merkliche Zahl von grösseren Sternen in diesen hinter dem Zentrum gelegenen Gegenden auffinden werden, die uns Auskunft geben könnten über die Strömungsrichtung der Materie daselbst. Die in unsrer Nähe befindlichen unregelmässig verteilten Sterne werden in den entsprechenden Teilen des Himmels die Mehrzahl der grossen Sterne abgeben.

Wenn die Sterne mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 20 Kilometer in der Sekunde (oder 62 Millionen Km. im Jahr) sich in der Richtung des Spiralbogens bewegen, was ja etwa der Bewegungsgeschwindigkeit der planetarischen Nebelmassen entspricht, so werden sie etwa 3.10^{10} Jahre nötig haben, um einen ganzen Umlauf um das Zentrum zu beschreiben. Dabei wird vorausgesetzt, dass — wie im nebenstehenden Bild angegeben — die Entfernung der Sonne vom Zentrum etwa anderthalbmal grösser ist als die Distanz zwischen den zwei Spiralen, und dass die Wolfsche Schätzung der Distanzen einigermassen richtig ist. Nun werden sich die inneren Sterne mit einer viel grösseren Winkelgeschwindigkeit bewegen als die weiter nach aussen gelegenen. Nach einem Umlauf der äusseren Teile wird die ganze Milchstrasse vollkommen verunstaltet sein und die Windungen viel weiter eingerollt als jetzt. Allmählich wird die Milchstrasse in ein verwickeltes Chaos umgestaltet werden. Ausserdem werden einwandernde oder in der Nähe vorbeikommende Nebelmassen die Spirale zerfetzen und die allmähliche Kondensation die Gasmassen in unregelmässig verteilte Sterne umwandeln. Es ist dies der langsam fortschreitende Auflösungsprozess der Milchstrasse, welcher auf W. Herschel bei seinen Beobachtungen einen tiefen Eindruck gemacht hat, so dass er ihn sogar als schnell fortschreitend beschrieb. Jedenfalls wird die Zeit, die für die Auflösung nötig ist, mehrere Milliarden von Jahren umfassen. Herschels Eindruck war, wie leicht ersichtlich, dass die Milchstrasse schon jetzt recht weit ins Zersetzungsstadium gekommen ist.

Poincaré [1] hat die maximale Umdrehungsgeschwindigkeit

[1] H. POINCARÉ, *Hypothèses cosmogoniques*, Paris, 1911, p. 263.

der Milchstrasse zu 0,002 Bogensekunden im Jahr, einer Umlaufszeit von 650 Millionen Jahren entsprechend, geschätzt, also etwa 50 mal geschwinder als die obenstehende Schätzung ergibt, und trotzdem sagt er, dass eine solche Bewegungsgeschwindigkeit sich vollkommen unsrer Beobachtung entziehen würde.

Alle Astronomen, welche die planetarischen Nebel untersucht haben, finden, dass sie viel stärker in der Milchstrasse oder ihrer nächsten Umgebung vertreten sind als in der Nähe der galaktischen Pole. Bohlin hat eine Sternkarte über ihre Verteilung ausgearbeitet. Man findet auf dieser, dass die eine Hälfte der Milchstrasse vom Schwan über Leier, Fuchs, Schild, Schlangenträger, Skorpion und Schütze von den planetarischen Nebeln stark bevorzugt ist vor dem anderen Stück vom Einhorn über Fuhrmann nach Cassiopeja. Das Hauptstück, wo die meisten planetarischen Nebel vorkommen, liegt im Schlangenträger, Schild, Schützen und Skorpion. Dieser Umstand deutet darauf hin, dass die ganze Milchstrasse sich im Raum verschiebt und zwar in die Richtung gegen den Schlangenträger etwa zum Punkt *c* in unsrem Bild. Es müssen nämlich mehr Nebel auf der Vorderseite der Bewegungsrichtung als auf der Hinterseite eingefangen werden.

Die Sternhaufen zeigen eine fast ähnliche Verteilung, nur dass sie etwas mehr konzentriert sind. Nach Perrine liegt ein doppeltes Zentrum bei 17 St. Rectascension und 25° S. Deklination bzw. bei 18 St. 15 Min. Rectascension und 30° S. Deklination im Schlangenträger und im Schützen. Dieses doppelte Maximum ist offenbar von der Zweiteilung der Milchstrasse in dieser Gegend bedingt. Auch diese Verteilung deutet auf eine starke Bewegung der Milchstrasse nach dem Punkt *c*. Die Geschwindigkeit dürfte etwa von der Grössenordnung 25 Km. in der Sekunde sein.

Bekanntlich hat Kapteyn nachgewiesen, dass die Mehrzahl der in unsrer Nähe befindlichen Sterne aus zwei grossen Strömen besteht, von welchen der eine seinen Konvergenzpunkt im Grossen Hund, der andere in der südlichen Krone besitzt. Es ist nicht schwer sich eine Vorstellung von dem Auftreten dieser zwei Ströme mit Hülfe unsrer Zeichnung zu bilden. Die beiden Ströme entsprechen den zwei Spiralbogen, aus welchen sie sich ausgeschieden und unter der Wirkung der Gravitation untereinander vermischt haben. Dass dabei

der eine Strom kräftiger ist und der andere fast keine Heliumsterne enthält, ist leicht zu verstehen unter der Annahme, dass die zwei Spiralarme zufolge verschiedener Mächtigkeit der zwei zusammengestürzten Gasmassen ungleich kräftig sind und der schwächere Gasstrom sich schneller kondensiert hat. Aus der Verschiedenheit der Konvergenzpunkte der beiden Ströme kann man, wie Kapteyn hervorhebt, nicht viele Schlüsse ziehen, da sie mit der Eigenbewegung der Sonne zusammenhängt. Kapteyn hat auch angenommen dass die beiden Ströme von entgegengesetzten Enden einer langgestreckten Gasmasse zum gemeinsamen Schwerpunkt hingestürzt sind, d. h. in diametral entgegengesetzten Richtungen sich bewegen. Kapteyn hat auf diese Weise versucht, die Ansicht geltend zu machen, dass die beiden Ströme zum selben System gehören. Die Schwierigkeit liegt nur darin, dass wir keine solche langgestreckten Gasmassen auf dem Himmel beobachten. Dagegen vereint sich die genannte Ansicht sehr wohl mit unserer Auffassung, da der näher zum Zentrum befindliche Strom eine bedeutend grössere Vinkelgeschwindigkeit besitzen muss als der entferntere. Die beiden Ströme liegen fast vollkommen in der Ebene der Milchstrasse, sie weichen von der mittleren Ebene derselben nur um 7,2 bzw. 12 Grad ab. Auf diesen Umstand legt mit Recht Kapteyn sehr grosses Gewicht, da er den nahen Zusammenhang der Milchstrasse mit den Sternentriften zeigt. Diese genannte Regelmässigkeit ist nach unsrer Vorstellungsweise selbstverständlich.

Stockholm, Nobelinstitut.

SVANTE ARRHENIUS

LE ATTIVITÀ FISIOLOGICHE FONDAMENTALI

PRIMO ARTICOLO.

L'attività nervosa e i processi elementari su cui si fonda.

L'attività nervosa è, senza dubbio, la più nobile e alta manifestazione della vita animale, e quindi non può far maraviglia che da tempi remoti sia stata oggetto da parte di numerosi pensatori, in verità più di speculazione filosofica che di ricerca sperimentale. Pareva, infatti, che essa, fra tutti i fenomeni vitali, fosse il meno suscettivo di misura.

Ma oggi la fisiologia tende a dare di tutti i fenomeni che studia una spiegazione chimico-fisica, procedendo deliberatamente, dove può, all'indagine quantitativa di essi; nè a tale tendenza può sottrarsi quello dell'attività nervosa, nel campo della quale il lavoro compiuto, specialmente in questi ultimi anni, ha già dato frutti degni d'essere riassunti in conclusiva brevità. Nè il considerare che all'attività cerebrale va associata una serie di fenomeni, che non ha riscontro in quella degli altri sistemi organici, voglio dire dei fenomeni psichici, muta per nulla l'atteggiamento che deve assumere lo sperimentatore di fronte ai problemi funzionali del sistema nervoso, finchè attende a opera di pura fisiologia.

I fenomeni psichici, infatti, formano ancora oggi, per necessità di metodo, oggetto distinto di ricerca; il che non toglie per altro, che il problema fondamentale comune alla fisiologia e alla psicologia rimane sempre quello delle relazioni che passano fra l'attività psichica e l'organizzazione e l'attività funzionale del sistema nervoso.

Una concezione meccanica della vita non sarebbe mai completa, finchè non includesse la spiegazione chimico-fisica

dei processi psichici; ma, pur ammettendo che ciò sia possibile, sarebbe follia intraprendere tale immenso lavoro, cominciando dall'aggredire i fenomeni più complessi. Bisogna invece prima scindere ogni fenomeno psichico e fisiologico complesso nei suoi semplici componenti e spiegare questi l'uno dopo l'altro. Perchè, se mai ci appariranno all'orizzonte i punti di contatto fra le due serie di fenomeni di cui si cercano le relazioni, ciò avverrà solo quando avremo dinanzi completamente chiariti i processi elementari su cui si fondano, da un lato l'attività psichica, e dall'altro l'attività fisiologica del sistema nervoso.

Alla soglia dell'attività nervosa e psichica, i fenomeni non più elementari ma ancora relativamente semplici che incontriamo sono i tropismi; a questi seguono le azioni nervose riflesse, e poi gl'istinti, i quali sono atti riflessi complicati divenuti automatici per eredità; vengono in ultima linea la memoria associativa e la coscienza. Bisogna procedere all'analisi comparativa sperimentale di questi fenomeni per gradi, sforzandosi di sfuggire alla potenza suggestiva e inibitrice delle parole, e affrontando i concetti sintetici che queste esprimono con la persuasione che essi non resisteranno, più delle complesse manifestazioni delle forze naturali e dell'attività umana, alla punta aguzza dell'analisi.

La neurologia comprende due parti fondamentali: lo studio dell'origine delle disposizioni strutturali e delle funzioni del sistema nervoso, considerato nel suo tutto insieme e nei suoi rapporti con gli altri sistemi dell'organismo vivente; e quello dei processi elementari che si svolgono nei fini componenti morfologici del tessuto nerveo. Il cammino percorso fino ad oggi dagli studiosi è assai maggiore sul primo che sul secondo campo di ricerca. Ciò non ostante, ho creduto più utile riassumere principalmente i risultati finora ottenuti in quest'ultimo, considerando che còmpito urgente dei neurologi è d'indagare con ordine e quantitativamente i processi nervosi elementari.

Circa la fine struttura del sistema nervoso, v'è un punto, di natura morfologica, che, come pomo della discordia, divide tuttora i neurologi in due campi avversi, ed è questo: gli elementi cellulari del tessuto nerveo sono connessi fra loro *per contiguitatem* o *per continuitatem*?

La «teoria della continuità delle neurofibrille», riconosciute ormai da tutti come l'elemento conduttore per eccellenza, se-

condo la quale il sistema nervoso formerebbe una immensa rete diffusa negli organi periferici e nei centri nervosi, se da un lato par che semplifichi il compito del fisiologo, poichè pretende di dedurre tutte le funzioni nervose dalle proprietà delle neurofibrille e delle reti che esse formano dentro o fuori delle cellule, dall'altro in realtà ci allontana da una spiegazione soddisfacente di alcune oscure proprietà centrali.

Parte essenziale della « teoria del neurone », che in questi ultimi anni ha ricevuto nuovo conforto dalle osservazioni di Harrison, Burrows, Braus, Lewis, ecc., è l'ipotesi, che gli elementi cellulari del tessuto nervoso non siano continui fra loro, come non lo sono con la sostanza vivente degli elementi ricettori ed effettori. Ciascun elemento nervoso è costituito da una massa globosa o piramidale o d'altra forma di neuroplasma, contenente il nucleo, e di prolungamenti; fra i quali distinguiamo: i dendriti, che hanno la stessa composizione della massa nucleata, ma essendo numerosi, molto ramificati e muniti di appendici a guisa di spine, che ne sviluppano grandemente la superficie, possono considerarsi come neuroplasma diffuso deputato a funzione eminentemente ricettiva; e il cilindrasse, che si presenta, a breve distanza dalla massa neuroplasmica nucleata, detta anche *pericarion*, coperto di guaina mielinica, è più o meno lungo, emette nei centri collaterali, e finalmente si ramifica alla periferia, formando, dopo avere dismesso le guaine che lo rivestivano, l'arborizzazione terminale, la quale sembra anche avere l'uffizio di aumentare la superficie di contatto con gli elementi morfologici coi quali le fibre nervee si congiungono.

Ciascun pericarion coi prolungamenti dendritici e l'unico cilindrasse, che ne partono, costituisce un'unità morfologica nervosa elementare, una cellula nervosa completa, o, come anche suol dirsi, un *neurone.*

I vari neuroni, che possono distinguersi in afferenti, efferenti e centrali o intercentrali, sono connessi fra loro in modo che le ramificazioni assoniche terminali di un neurone si trovano a contatto coi dendriti e col pericarion di uno o più altri neuroni. Ogni via nervosa, anche la più breve, è composta almeno di due neuroni congiunti in catena; e la corrente degl'impulsi nervei va normalmente dagli organi ricettori ai neuroni afferenti, per le terminazioni cilindrassili di questi ai dendriti dei neuroni efferenti o di neuroni centrali intercalati,

e finalmente per le terminazioni cilindrassili dei neuroni efferenti agli elementi degli organi effettori: mai in direzione opposta. In altre parole, entro i confini di uno stesso neurone, la corrente degli eccitamenti va sempre nella direzione dai dendriti al cilindrasse; nelle catene neuroniche, da questo ai dendriti del neurone contiguo.

Da ciò derivano due conseguenze importanti. La prima è, che in corrispondenza dei contatti fra neuroni, detti *sinapsi* o *giunzioni interneuroniche*, come in corrispondenza delle *giunzioni senso-neurali*, *neuro-muscolari* e *neuro-ghiandolari*, gli eccitamenti debbono passare da un'unità morfologica a un'altra distinta, della stessa natura o di natura diversa. La seconda è, che potendo uno stesso neurone essere, per mezzo delle ramificazioni terminali del suo cilindrasse e delle collaterali di questo, in relazione con più altri neuroni, viene così a realizzarsi quella notevole economia di neuroplasma, che caratterizza il sistema nervoso centralizzato degli animali superiori.

Premesse queste fondamentali brevi notizie morfologiche, volgiamoci ora allo studio di quelle proprietà fisiologiche generali del tessuto nerveo, che sono espressione diretta o indiretta dei processi elementari che in esso si svolgono. Esse furono già nel periodo classico della fisiologia distinte in *proprietà dei nervi*, o delle fibre nervee, e in *proprietà dei centri*; per le quali ultime volevasi intendere, arbitrariamente, proprietà delle masse neuroplasmiche nucleate.

Solo una minuta e profonda analisi sperimentale, quale si è solo da poco iniziata con metodi rigorosi, e che esigerà l'assiduo lavoro di più generazioni di fisiologi, potrà fornirci una conoscenza soddisfacente dei processi nervosi elementari, e metterci in grado di distinguere le proprietà esclusive dei centri da quelle comuni ai nervi, e di scoprire a che cosa le prime siano veramente dovute.

Nel tessuto nervoso è massimamente differenziata la proprietà, per altro comune a ogni protoplasma, di condurre gli eccitamenti, la *conduttività*, come nei muscoli è al massimo grado sviluppata la contrattilità, nelle ghiandole l'attività secretiva, nelle cellule sensoriali la ricettività per gli stimoli esterni adeguati.

Quando un nervo è stimolato in un punto, per es. da una scossa elettrica, ivi si genera un cambiamento, che è effetto immediato dello stimolo, e dicesi *eccitamento*, o *processo ecci-*

tatorio locale (K. Lucas). Questo a sua volta genera nelle fibre nervose un turbamento dello stato d'equilibrio, che si propaga in ambedue le direzioni a partire dal punto stimolato.

In verità, i processi eccitatori normalmente sono localizzati alle estremità dei neuroni, corrispondenti alle giunzioni senso-neurali o interneuroniche, ovvero nelle masse neuroplasmiche nucleate, mentre le fibre nervose periferiche o centrali non sono mai esposte all'azione diretta di stimoli esterni; onde i risultati riguardanti il processo eccitatorio locale sperimentalmente provocato con stimoli elettrici non sono senz'altro applicabili ai processi fisiologici.

Per quanto riguarda gli stimoli elettrici, Nernst formulò un'ipotesi, secondo la quale la condizione essenziale cui deve soddisfare una corrente stimolante, per provocare l'eccitamento locale, sarebbe la produzione di una definita concentrazione di certi ioni sulla superficie di una membrana, per essi impermeabile, esistente nel tratto di tessuto stimolato; per cui, come la variazione di concentrazione dei detti ioni raggiunge un certo valore, nel tessuto s'inizia il processo dell'eccitamento locale. Questa ipotesi, come ogni altra, è provvisoria e non spiega tutti i fatti sperimentalmente accertati. Ma ancorchè non possa dirsi con certezza di quali ioni avviene precisamente cambiamento di concentrazione, e sia lecito anche dubitare della necessità di una verà membrana semipermeabile; pur prevedendo che la formula attuale subirà modificazioni; si può tuttavia affermare che la ipotesi alla quale condurrà l'odierno lavoro sperimentale non sarà molto diversa da quella originale di Nernst. Certo è che solo quando saremo in possesso della formula perfezionata del processo eccitatorio locale potremo indagare se e in che esso eventualmente differisce dai processi eccitatori naturali, e aggredire il problema della natura chimico-fisica dell'impulso nervoso, o dell' « azion nervosa », come lo chiamò Alessandro Volta.

Se un solo stimolo è troppo debole e però incapace di dare luogo al turbamento da propagarsi, più stimoli egualmente inefficaci, purchè si succedano con un intervallo non troppo grande, riescono in fine a generarlo. Si crede che ciò avvenga perchè anche degli stimoli inefficaci la sostanza vivente serba tracce, le quali *addizionandosi* raggiungono il valore della soglia ed eccitano quel processo che è dotato della proprietà di propagarsi per le fibre nervee. Ora, essendo stato dimostrato che

dei processi eccitatori locali inefficaci niuna minima traccia si propaga oltre il punto dove si generano, è lecito conchiudere che *processo eccitatorio locale e turbamento propagato non sono una cosa medesima* (K. Lucas).

Se invece lo stimolo è abbastanza forte, un secondo stimolo di eguale intensità si dimostra inefficace, per un certo tempo misurabile a partire dallo stimolo precedente, e per provocare una reazione è necessario adoperare uno stimolo molto più forte del primo. Noi diciamo che il tessuto eccitato passa per uno *stato di refrattarietà*, prima assoluta e poi relativa, che è conseguenza, pare, del propagarsi del turbamento nerveo, ed espressione di un processo di restaurazione da qualche cambiamento associato al fenomeno di propagazione. Ma da che specie di cambiamento il tessuto precisamente si restauri, non sappiamo. Ciò non pertanto, misurando il periodo refrattario, si misura probabilmente il tempo che occorre alla sostanza vivente del tessuto per tornare alla posizione d'equilibrio, turbato dal cambiamento che costituisce la base della propagazione e che deve essere normalmente reversibile.

Al periodo refrattario segue un periodo di aumentata eccitabilità, detto *fase di esaltazione*, che spiega l'accrescimento degli effetti nel corso di stimolazioni ritmiche non troppo forti nè frequenti, cioè il *fenomeno della scala*.

Lo stato refrattario e la fase di esaltazione sono tanto maggiori, quanto più intenso fu lo stato d'eccitamento. La durata del periodo di assoluta refrattarietà determina l'estremo *ritmo eccitatorio*. Durando tale periodo circa 2 millesimi di secondo per i nervi, e 4 millesimi per i muscoli di rana, durante la stagione estiva, il ritmo eccitatorio dei nervi può rimanere isocrono con quello degli stimoli finchè questo non superi il valore di circa 500, e quello dei muscoli finchè il ritmo stimolatorio rimanga inferiore a circa 200 al secondo. Durante la stagione invernale, questi valori diminuiscono di circa la metà.

Mentre il turbamento si propaga, si manifesta un cambiamento del potenziale elettrico del nervo, che possiamo registrare e misurare. Questa *reazione elettrica* è concomitante al turbamento che si propaga, l'accompagna normalmente, ma non è ancora certo che sia ad esso indissolubilmente legata; certo è, però, che non può darci la misura di esso, per le condizioni sperimentali in cui inevitabilmeute dobbiamo metterci

per rilevarla. Ignoriamo quindi anche in che relazione sta con quel cambiamento, per cui si effettua la propagazione. Della natura di questo possiamo solo dire, per quanto è lecito indurre dal coefficiente termico della velocità di sua propagazione, che probabilmente consiste in un processo chimico in parte anossidativo (ved. appresso). Pare tuttavia che esista una relazione generale fra la durata del periodo refrattario e quella della risposta elettrica, i due fenomeni modificandosi parallelamente da tessuto a tessuto e col variare delle condizioni sperimentali; anzi è stata avanzata l'ipotesi, che il periodo di totale ineccitabilità corrisponda alla fase crescente e quello della ineccitabilità relativa alla fase decrescente della risposta elettrica, che però oltrepassa in durata.

Ho detto che ignoriamo la natura dell'eccitamento locale e di quel cambiamento che costituisce la base della propagazione. A questo proposito, l'ipotesi più attendibile che fino ad oggi sia stata formulata è, che i detti fenomeni consistano in una serie di reazioni chimiche autocatalitiche aventi per effetto la produzione di certe sostanze, alcune delle quali sembrano essere di natura acida; alla quale prima serie succederebbe poi una seconda di reazioni ossidative, esigenti la presenza dell'ossigeno e l'intervento di enzimi ossidanti; queste avrebbero per effetto, non solo la distruzione di alcuni prodotti della prima serie, ma anche la restituzione della sostanza vivente nella primitiva posizione d'equilibrio, pronta a passare per un nuovo processo eccitatorio e a propagare un nuovo turbamento.

Ma ognuno può agevolmente intendere, come il formarsi in eccesso dei prodotti della prima serie di reazioni, o l'accumularsi di essi per difetto delle reazioni deputate a distruggerli, può condurre all'incapacità funzionale della sostanza vivente per inibizione o cessazione di quelle reazioni che costituiscono l'eccitamento locale e il turbamento d'equilibrio che si propaga: onde i fenomeni d'inibizione, di fatica, di esaurimento.

Le proprietà finora esaminate non possono considerarsi come esclusivamente centrali. Solo si osserva, che la propagazione degli eccitamenti avviene per i centri con maggior lentezza, e si lascia dietro un periodo refrattario molto più lungo; inoltre, che nei centri più accentuati sono il fenomeno dell'addizione latente, il bisogno di ossigeno, la produzione di sostanze acide, in generale lo svolgimento dei processi metabolici, ecc.

Ma si conoscono altre proprietà che, o non hanno praticamente, per quanto oggi si possa giudicare, affatto riscontro nei nervi, o in questi si manifestano in minor grado che nei centri.

Una delle più oscure proprietà centrali è la *irreciprocità della conduzione.* Mentre per i nervi il turbamento che segue all'eccitamento locale si propaga indifferentemente in ambedue le direzioni, fra l'asse cerebro-spinale e i nervi non v'ha propagazione se non dalle radici posteriori ai centri e da questi alle radici anteriori.

Nei nervi, come nei muscoli, c'è *proporzionalità,* entro certi limiti, *fra l'intensità e la frequenza degli stimoli e l'intensità e la frequenza delle reazioni,* e si deve ormai ritenere come cosa certa, che per le fibre nervee (non affaticate) e muscolari vale la *legge,* già formulata per il cuore, *del « tutto o nulla »,* cioè che queste strutture viventi, nel reagire agli stimoli conforme alla natura loro, rispondono con reazioni massimali qualunque sia l'intensità delle stimolazioni purchè oltrepassi il valore liminare. I centri nervosi, invece, dànno prova della maggiore variabilità e irregolarità, a questo proposito. Essi presentano grandi *differenze della soglia d'eccitabilità,* indipendentemente dagli stati refrattarii; ora dànno risposte colossali a stimoli deboli, ora stimoli fortissimi rimangono senza effetto; essi trasformano siffattamente il ritmo degli stimoli esterni, che è impossibile assegnare limiti costanti alla frequenza degl'impulsi nascenti nei centri nervosi; ad impulsi unici centripeti non rispondono, o reagiscono con una risposta multipla, cioè ritmica. Nei nervi, come nei muscoli, di regola la durata della reazione sta in un certo rapporto con la durata dello stimolo, o varia col variare delle condizioni di temperatura, di natura del nervo o del muscolo, ecc. I centri, invece, sogliono dare, anche in condizioni normali, risposte prolungate o *scariche postume,* come le chiamò Sherrington, per significare risposte che oltrepassano la durata dell'azione stimolante.

E non basta. Mentre i nervi sono ritenuti come relativamente, non assolutamente, infaticabili, i centri nervosi si affaticano e si esauriscono relativamente presto. La fatica nervosa è principalmente *fatica dei centri,* non dei nervi; e il bisogno di riposo, di restaurazione è un fenomeno principalmente centrale.

Alla nascita, le vie maestre dell'attività nervosa sono già tracciate; ma sono ancora impervie o non perfettamente pervie. Lo sviluppo dell'attività nervosa consiste, non solo nell'aprirsi di vie secondarie e di sentieri congiungenti in ogni senso le vie maestre, ma anche e soprattutto nel perfezionarsi della pervietà delle vie vecchie e nuove. Dapprima, gli eccitamenti incontrano tanti ostacoli, che vi rimangono bloccati; poi, a mano a mano, coll'uso, le asperità si smussano, gli ostacoli scemano, e gl'impulsi passano, prima incerti e oscillanti, poi sempre più sicuri e più veloci. Pensate agl'incerti e incoordinati movimenti del bambino, che tenta i primi passi, e alla sicurezza di quelli delle dita di un pianista esperto. Ciò avviene, perchè il passaggio d'un primo turbamento nerveo spiana la via al secondo, e questo al terzo e agli altri. Ora questa *azione agevolante* dell'esercizio funzionale è caratteristica dei centri nervosi.

La completa pervietà delle catene neuroniche renderebbe, per altro, difficile la coordinazione e il governo degl'impulsi nervei, i quali, per così dire, slitterebbero incompostamente sulle vie nervose, se parallelamente non si sviluppasse un'altra proprietà, che è quella d'*inibizione,* per cui o impulsi già in via di propagazione sono a tempo bloccati in una direzione e incanalati per un'altra, e così disciplinati, ovvero sono impediti di generarsi o arrestati sul nascere. In verità, fenomeni d'inibizione si dànno non solo nei centri, ma anche in organi quali il cuore, il tubo digerente, ecc. Ma se gl'impulsi che causano il moto ritmico di questi organi nascono nei gangli nervosi periferici, il processo delle inibizioni periferiche non può esser molto diverso da quello delle inibizioni centrali. Grandissima è l'importanza psicologica ed etica dei fenomeni di inibizione centrale: ho appena bisogno di rammentarlo. L'armonico svilupparsi della pervietà o canalizzazione delle catene neuroniche e del potere d'inibire gl'impulsi per esse propagantisi, costituisce il fondamento fisiologico, sia d'ogni abilità e destrezza dei movimenti del corpo, come d'ogni virtù civile e perfezion morale. I fenomeni di *attenzione* e di *astrazione,* come quelli del *sonno* fisiologico e dell'*ipnosi* sarebbero impossibili, se non fossimo in grado di isolare, mediante uno sforzo inibitorio o ponendoci in condizioni esteriori opportune, questa o quella corrente di eccitamenti, fra le innumerevoli che gli stimoli esterni tendono a destare in noi.

Che poi il ripetuto propagarsi di turbamenti nervei per le stesse catene neuroniche, oltre a rendere queste sempre più pervie, ne determini anche l'ipertrofia, in confronto con le catene vicine, resultando da ciò uno sviluppo sempre maggiore della *memoria* e del *potere d'astrazione,* è un'idea che ha espresso recentemente Verworn e sulla quale tornerò appresso.

In fine, ai centri nervosi si attribuisce un'*influenza tonica* e *trofica* sugli organi periferici, che si suppone consista in tenui correnti di blandi impulsi nervei riflessi, la cui natura non è meno oscura di quella degl'impulsi pienamente efficaci; e la proprietà dell'*automatismo,* che, in quanto vuolsi da alcuno considerare come facoltà di generare eccitamenti *ex nihilo,* va recisamente respinta, essendo ormai persuasione generale, che perfino gli atti apparentemente più spontanei sono in ultima istanza determinati o da stimoli attuali inavvertiti o da tracce residuali di eccitamenti trascorsi, le quali, sotto forma di imagini mnemoniche o rappresentazioni, fungono da stimoli interiori sulle catene neuroniche efferenti; mentre dei moti ritmici automatici del cuore, del respiro e degli organi muscolari lisci, siamo ormai presso che sul punto di avere una teoria chimico-fisica soddisfacente.

Io credo che nessuno potrà mai dare una spiegazione completa delle proprietà centrali, se pretende di derivarle solamente da quelle delle neurofibrille e delle reti che esse formano nei centri nervosi. Se il rallentamento, che la propagazione degl'impulsi subisce nei centri, può esser attribuito al loro diffondersi per le reti neurofibrillari, le altre proprietà rimangono del tutto inesplicabili. Conviene dunque pensare alle masse neuroplasmiche nucleate, che nei centri si trovano, in grandissimo numero, intercalate sull'intrico delle neurofibrille. Mettendoci dal punto di vista della teoria della continuità degli elementi nervosi, la sola ipotesi che possiamo fare, per spiegare le proprietà centrali, è quella di ammettere che relazioni reciproche si stabiliscano fra neurofibrille e neuroplasma cellulare, nel senso che i turbamenti propagantisi per quelle provochino cambiamenti e lascino tracce di sè nel neuroplasma, il quale a sua volta sarebbe capace di reagire sulle neurofibrille, sia agevolando come inibendo il passaggio per esse degl'impulsi nervei, e anche esercitando, mediante il giuoco delle agevolazioni e delle inibizioni, un'azione diret-

tiva e quindi coordinativa sui medesimi. L'ipotesi non mi sembra assurda; assurdo sarebbe ammettere un'assoluta indipendenza funzionale fra neurofibrille e neuroplasma, mentre sì intime sono le loro relazioni morfologiche e genetiche. E se così è, l'ipotesi merita di essere sviluppata e precisata nei particolari, anche se, ponendoci dal punto di vista della teoria della discontinuità degli elementi nervosi, vogliamo spiegare le proprietà centrali come dovute, in parte, alle giunzioni interneuroniche (ved. appresso).

C'è chi crede, che la continuità, effettuando un sistema fisso di vie segnate, rappresenti nel tempo stesso un perfezionamento, in quanto sua espressione sarebbe forse la costanza e perfezione delle azioni istintive negli animali inferiori, e un'imperfezione, in quanto la fissità del sistema ostacola quel formarsi di nuove costellazioni e associazioni nervose, che è appunto il privilegio del sistema nervoso centrale degli animali superiori, perchè rende possibile accumulare nuove esperienze, e dà un filo conduttore verso una spiegazione della capacità di apprendere e di adattarsi a nuove condizioni dell'ambiente. Negli animali superiori e nell'uomo sarebbero poi rappresentate insieme forse l'una e l'altra disposizione: quella della continuità dei neuroni, nel campo dove si svolgono funzioni portanti l'impronta di fissità delle reazioni riflesse organizzate; quella della contiguità, nel campo delle variabilità associative, degli adattamenti, delle libertà.

Ora, ammesso che le proprietà dei centri derivino, in parte dalle masse nucleate di neuroplasma, e in parte dalle giunzioni interneuroniche ivi adunate in numero infinito, il problema, difficile se altro mai, che ci sorge innanzi, è quello di spiegare completamente, cioè senza lacune, come la presenza di quelle masse di neuroplasma e di quelle giunzioni può render conto di ciascuna proprietà centrale.

E qui, forse, converrebbe che io mi fermassi, perchè se volessi andar oltre, non potrei far altro che tentare di formulare qualche ipotesi di lavoro, da sostituire a quelle che finora si sono dimostrate poco soddisfacenti.

In verità le ipotesi sono il « sale » della scienza. Ottime sono le osservazioni e le misure; ma, con queste sole, la scienza si rafferma, non progredisce.

Io debbo tralasciare la enumerazione di tutte quelle che sono state formulate per spiegare l'attività nervosa, ma di

una di esse non posso tacere. E lo farò, dopo aver dato uno sguardo intorno per vedere se in altri campi della fisiologia occorrono disposizioni omologhe e fenomeni analoghi a quelli segnalati come proprietà dei centri nervosi.

Ebbene, uno studio sistematico di preparati neuro-muscolari, specialmente di animali omeotermi, per es. del mio preparato frenico-diaframmatico, rivela l'esistenza in essi di proprietà, che sono affini ad alcune di quelle che abbiamo riconosciute ai centri nervosi.

Nel preparato neuro-muscolare non è dimostrata una reciprocità di conduzione degli eccitamenti fra nervo e muscolo. In verità, è oltremodo difficile dare una tale dimostrazione, causa l'esistenza di organi ricettori nei muscoli e di fibre afferenti nei nervi motori.

Nel trasmettersi dal nervo al muscolo, l'impulso nerveo subisce un rallentamento, come nei centri; spesso, uno stimolo unico applicato al nervo provoca una contrazione prolungata o multipla, cioè ritmica, quale siamo soliti vedere nelle reazioni riflesse; e non sempre c'è proporzione fra l'intensità dello stimolo e l'intensità della contrazione. Inoltre, è notissimo che la fatica muscolare non è principalmente fatica nè dei nervi nè delle fibre muscolari, ma delle giunzioni neuro-muscolari; le quali sono, come le giunzioni interneuroniche, labilissime, e non solo diventano più pervie, entro certi limiti, con l'uso, e facilmente impervie sotto l'influenza di cause diverse, fra le quali principalissima il difetto di ossigeno, ma risentono anche, precisamente come i centri e i gangli nervosi, in modo elettivo l'*azione di certi veleni* (curarina, nicotina, veratrina, ecc.). Se le giunzioni neuromuscolari posseggano un periodo refrattario proprio, e quindi un ritmo eccitatorio diverso da quello delle fibre nervee e muscolari, è dubbio, e c'è anzi chi lo nega affatto; ma finora non lo si può escludere in modo assoluto. Inoltre, K. Lucas ha dimostrato che il fenomeno di Wedenski e quello del tetano iniziale di Hoffmann dipendono da una resistenza che i perturbamenti nervei propagati incontrano, in certe condizioni, nelle giunzioni neuro-muscolari.

È stato recentemente provato (K. Lucas, Langley), che le regioni neurali dei muscoli, dove sono adunate le giunzioni neuro-muscolari, sono dotate di una ricettività per gli stimoli elettrici e per l'azione di alcuni veleni ed ormoni, diversa e maggiore di quella delle regioni non neurali e dei nervi: esse,

in parte, corrispondono, per così dire, alla sostanza grigia del sistema nervoso centrale, ai gangli del sistema autonomo.

Spesso, il muscolo del preparato frenico-diaframmatico fa contrazioni ritmiche automatiche, ed entra in stato di accorciamento tonico, pur essendo esclusa ogni azione stimolante esteriore; e uno stimolo elettrico intercorrente, applicato al nervo, può inibire questo accorciamento tonico. Finalmente, le contrazioni automatiche, la molteplicità della risposta a stimoli unici, ecc., spariscono non appena sia cessata la conduttività neuro-muscolare, il che fa supporre che i detti fenomeni, come anche fenomeni analoghi osservati durante la degenerazione delle vie nervose efferenti o l'azione di certe sostanze chimiche, siano legati all'integrità, anzi a uno stato di ipereccitabilità delle giunzioni neuro-muscolari.

Se dunque in preparati neuro-muscolari, del tutto separati dal corpo dell'animale, giungiamo a riconoscere proprietà affini a quelle che siamo soliti di attribuire ai centri nervosi, è lecito conchiudere che esse dipendono dagli organi giunzionali.

Ecco un campo in grande parte nuovo d'indagine fisiologica: l'esplorazione delle proprietà di quegli organi o apparati, che sono le giunzioni interneuroniche, neuro-muscolari, neuro-ghiandolari e senso-neurali.

Quale è l'ipotesi, dunque, che sembra, almeno provvisoriamente, più atta a renderci conto dei fenomeni sopra descritti?

In primo luogo, tornando ancora per un momento sulla questione dei rapporti esistenti fra neuroni, debbo aggiungere che, parlando di contiguità, si deve intendere con questa parola l'esclusione della continuità neurofibrillare e neuroplasmica da neurone a neurone, cioè della fusione di questi, non la possibilità che gli elementi a contatto abbiano mai e in alcuna condizione a separarsi, distaccarsi, che cioè possa stabilirsi fra loro una lacuna. Come niuno suppone che le terminazioni nervee motrici possano mai staccarsi, separarsi dalla sostanza della placca motrice, così è da escludersi un simile distacco in corrispondenza delle sinapsi. E così viene a perdere ogni valore la ipotesi di Lépine e di Duval, rimessa su in onore recentemente dal Sidis, per spiegare il sonno, gli stati ipnotici, ecc.

Noi possiamo considerare le varie proprietà fisiologiche del sistema nervoso, sopra enumerate, come: 1° *aumenti* (prolungamento della scarica oltre il momento dello stimolo, tono,

addizione latente degli eccitamenti nervei, fenomeni di agevolazione, fenomeno della scala, aumento della frequenza del ritmo e della intensità delle reazioni, ecc.); ovvero: 2° *diminuzioni* (rallentamento della propagazione, periodo refrattario, inibizione, fatica, esaurimento, diminuzione della frequenza del ritmo e della intensità delle reazioni, fenomeni di blocco, ecc.) dell'attività nervosa; o finalmente: 3° come effetto di particolare distribuzione o incanalamento degli eccitamenti nervei piuttosto per uno che per un altro sistema di vie e di centri nervosi, cioè di limitazione spaziale dell'attività nervosa.

Ciascun fenomeno nervoso presenta, durante il suo svolgimento, cioè ripetendosi nel tempo per la stessa via nervosa, prima un aumento, poi una diminuzione: la conduttività prima si esalta, poi apparisce depressa, fino a manifestarsi il blocco; l'intensità delle reazioni, prima aumenta, come nel fenomeno della scala, poi diminuisce, e si manifesta la fatica; l'esercizio, prima esalta l'attività nervosa, poi la deprime; il tempo di latenza prima diminuisce, poi aumenta; i fenomeni tonici, le reazioni prolungate e ritmiche cessano dopo che si sono per un certo tempo intensificate; la memoria si sviluppa con l'esercizio, ma più tardi s'indebolisce; nel primo periodo del risveglio, dopo il sonno, le sensazioni diventano mano mano più forti e più chiare, ma, prolungandosi la veglia e il lavoro cerebrale oltre misura, finiscono per indebolirsi e obnubilarsi, e da ultimo non c'è sforzo d'attenzione che valga a render loro la primitiva intensità e nettezza.

Ora, si domanda Brailsford Robertson, qual'è quella reazione chimica, che dapprima si svolge tanto più velocemente in conseguenza dell'essersi già svolta avanti, ma che poi in un periodo ulteriore è inibita dal suo stesso progredire? E risponde: solamente la *reazione autocatalitica,* cioè quella che è accelerata da uno dei suoi stessi prodotti; nessuna altra specie di reazioni chimiche presenta in un periodo del suo svolgimento accelerazione positiva. Tale dunque deve essere la natura delle reazioni su cui si basa l'attività nervosa.

Che il processo fondamentale, di cui sono manifestazione esteriore i fenomeni nervosi, sia una reazione o un insieme di reazioni chimiche, è dimostrato dal fatto, che il coefficiente termico dei fenomeni esaminati (movimenti respiratori della rana, Brailsford Robertson; velocità di propagazione dell'impulso nerveo, Maxwell; frequenza delle pulsazioni del cuore

di *Limulus* per esposizione del rispettivo ganglio a varie temperature, Carlson), raggiunge quasi il valore di 2 (1,8 negli esperimenti di Maxwell), o lo supera, di poco (2,2-2,4 negli esperimenti di Brailsford Robertson) o di molto (6,0 negli esperimenti di Carlson).

Che il catalizzatore, prodotto della reazione, sia un acido, è dimostrato dal fatto che la sostanza nervosa, specialmente la sostanza grigia, si acidifica funzionando, come la sostanza muscolare, della quale si sa ormai con certezza che un acido, che vi si forma sicuramente, è acido lattico.

Si ha, inoltre, la prova sperimentale che gli acidi (e altre sostanze, di natura diversa, che probabilmente agiscono nello stesso senso provocando la formazione di acidi) accelerano (non si sa bene, se direttamente o indirettamente, cioè liberando sostanze attive) certi processi che si svolgono nel sistema nervoso centrale, come risulta dalle ricerche di Brailsford Robertson sul centro respiratorio, e da quelle di Winterstein e di Laqueur e Verzàr, e accelerano e intensificano il processo della contrazione muscolare, oltre a provocare nei preparati neuro-muscolari contratture e scosse rapide ritmiche, come risulta da ricerche mie e di altri autori.

Nei centri nervosi, come nei muscoli (e verosimilmente anche nelle ghiandole), quando un turbamento nerveo propagandosi giunge a livello degli apparati giunzionali, ivi si genera un processo eccitatorio locale, che a sua volta provoca la formazione di un acido (o di acidi) nel protoplasma ricettore delle giunzioni e nelle strutture eccitate, un acido che, fungendo da catalizzatore, in un primo tempo accelera la reazione di cui è un prodotto: a questa accelerazione corrisponde l'aumento dei fenomeni sopra indicati.

Ma poi giunge il momento in cui aumentando la formazione dell'acido e diminuendo la massa attiva della sostanza che reagisce, l'acido, ossia il catalizzatore, bilancia la detta massa attiva, e la velocità della reazione diminuisce progressivamente: allora si hanno i fenomeni di diminuzione.

Se, nell'intervallo di riposo fra i successivi stati di eccitamento, i prodotti della reazione scompaiono dalla sfera della reazione e la massa attiva della sostanza reagente è rigenerata, si verifica la restaurazione del tessuto nella primitiva sua capacità funzionale; in caso contrario, il tessuto s'avvia verso lo stato di fatica e poi di esaurimento.

Secondo Brailsford Robertson le relazioni temporali che possono essere constatate fra i fenomeni di aumento e di diminuzione delle varie funzioni esaminate corrispondono precisamente a quelle che si verificano nelle reazioni chimiche autocatalitiche; il che suffraga l'ipotesi, che su tali reazioni si basano i processi dell'attività nervosa, e verosimilmente anche quelli dell'attività muscolare.

Per quanto riguarda, poi, l'incanalamento e la circoscrizione spaziale degli impulsi nervei, Brailsford Robertson crede che tali fenomeni dipendano dalla maggior formazione di catalizzatore lungo certe vie nervose che lungo altre vie. Gli eccitamenti si propagano più facilmente per quelle catene neuroniche nelle quali si è formata maggior quantità di catalizzatore, e in cui, di conseguenza, la reazione sempre più si accelera. In ciò sarebbe il segreto dell'influenza agevolante dell'esercizio funzionale, che spiega la memoria, e dell'isolamento dell'attività di alcune parti del cervello, su cui si fondano l'attenzione e gli stati ipnotici, i quali derivano da concentramento dell'attività nervosa in gruppi limitati di centri corticali, non che i fenomeni di doppia e multipla personalità, e simili. Il sonno fisiologico è anch'esso in relazione con una limitazione del campo della coscienza, che induce monotonia delle sensazioni residuali.

L'ipertrofia dei neuroni più esercitati, ammessa da Verworn per spiegare i fenomeni di astrazione e simili, può anche verificarsi, ma non spiega per sè sola questi fenomeni.

La sola irreciprocità della conduzione per i centri nervosi, e probabilmente anche per le giunzioni neuromuscolari, non può essere spiegata dalla ipotesi sopra esposta. Essa è verosimilmente effetto di adattamento funzionale alle normali direzioni secondo cui si propagano gl'impulsi nervei; ma rimane tuttavia oscura la sua determinazione chimico-fisica.

Non credo che si possa incontrare difficoltà ad ammettere che le reazioni autocatalitiche si svolgano principalmente là, dove si trova accumulata in maggior quantità la sostanza reagente, cioè nel protoplasma dei dendriti e del pericarion, nel protoplasma delle placche motrici, ecc., piuttosto che nelle neurofibrille. Ecco perchè i fenomeni di aumento o accelerazione e di diminuzione o inibizione si verificano principalmente a livello delle giunzioni interneuroniche e neuromuscolari. Ecco perchè queste sono anche le porzioni più labili delle vie ner-

vose e dei preparati neuromuscolari, quelle che hanno più bisogno di ossigeno e che più soffrono per la mancanza di esso. Ecco perchè i centri nervosi (e i muscoli e le ghiandole) sono sedi di più intenso metabolismo, che i nervi, e di formazione di maggior quantità di sostanze acide; e perchè più dei nervi si affaticano.

L'ipotesi di Brailsford Robertson, che io ho cercato di applicare per chiarire particolarmente le proprietà degli apparati giunzionali, va inoltre completata; nel senso che le tracce che lasciano gli eccitamenti trascorsi non può ammettersi che consistano, come egli pretende, nell'acido nascente dalle reazioni autocatalitiche.

Infatti, l'acido formatosi deve poi sparire, senza di che non potrebbe aver luogo la presunta restaurazione funzionale. Per spiegare, dunque, le tracce, talora indelebili, con cui si vuol render conto del fenomeno della memoria individuale o della specie, che è memoria ereditaria, è necessario ammettere una modificazione permanente del protoplasma, che tuttavia non esclude l'ulteriore adattabilità di esso a condizioni nuove. Bisogna, in altre parole, ammettere che gli eccitamenti trascorsi plasmino specificamente le strutture per cui essi si propagano, rendendole sempre più adattate alle attività che in esse d'ordinario si svolgono.

Ora, chi pensi alla costituzione colloidale del protoplasma non può incontrar difficoltà ad ammettere in esso la capacità di differenziarsi specificamente in armonia con le funzioni di cui è sede. Le tracce permanenti sarebbero appunto, secondo me, queste differenziazioni chimiche e chimico-fisiche del protoplasma, le quali solo al loro più alto grado si manifestano a noi sotto l'aspetto di differenziazioni citologiche, istologiche, organiche, cioè di differenziazioni morfologiche. Il catalizzatore che si forma durante lo svolgimento della reazione autocatalitica agevola la funzione specifica mentre essa si compie, ma la reazione stessa trova già nel protoplasma differenziato dall'esercizio pregresso un terreno predisposto ad essa, cioè quelle tracce di cui sopra è detto.

Finalmente, un punto io non ho ancora toccato, ed è quello che si riferisce alla questione della *specificità o indifferenza funzionale delle fibre nervee nel condurre gli eccitamenti.* Niuno può negare la specificità funzionale delle strutture ricettrici sensoriali e dei centri corticali, ma molti dubitano di quella

degli elementi conduttori, ammessa da Hering. Ora è dimostrato che i nervi possono condurre eccitamenti di ritmo diversissimo per frequenza oltre che di diversa intensità. Può darsi, dunque, che le differenze specifiche o qualitative degli eccitamenti, per quanto riguarda i conduttori fisiologici, essenzialmente consistano in differenze del ritmo eccitatorio; nel qual modo si addiverrebbe a una conciliazione delle opposte vedute, cioè di coloro che sostengono la specificità e di quelli che ammettono l'indifferenza funzionale delle fibre nervee.

Ma di tutto l'intimo e profondo lavorìo che incessantemente si compie nelle fini strutture nervose, nulla apparisce al nostro sguardo. Di questo grande artefice, che è il sistema nervoso, può ripetersi quel che il poeta disse dell'arte, in generale:

« L'arte che tutto fa, nulla si scopre ».

I muscoli spostano masse, le ghiandole emettono liquidi di secrezione: il sistema nervoso opera in silenzio, e la sua attività si manifesta, alla nostra introspezione, come sensazione rappresentazione coscienza, all'esterno, per il tramite delle molteplici funzioni organiche.

Ora questa attività nei due ordini di sue manifestazioni, considerata nel suo tutto insieme e nelle sue relazioni, da un lato con quella degli organi ricettori, sentinelle avanzate alla soglia del mondo esterno, e dall'altro con quella degli organi effettori, mirabili strumenti specificamente differenziati, è di natura essenzialmente associativa, coordinativa, integrativa.

Nel sistema nervoso degli animali superiori, le varie vie afferenti che mettono capo ai centri, sono in questi, mediante innumerevoli fibre intercentrali, messe in connessione fra loro e con le vie efferenti, che mettono capo agli organi effettori. L'asse cerebro-spinale è il luogo dei molteplici collegamenti e degli scambi, per cui correnti di impulsi centripeti possono propagarsi in ogni direzione per le masse grigie centrali, ivi sostare, ovvero irrompere sulle *vie comuni finali* di Sherrington, in esse convergendo dalle più diverse e recondite origini. Molteplicità, ossia sviluppo delle vie brevi internunziali, da un lato, e centralizzazione delle giunzioni interneuroniche, cioè degli scambi, dall'altro, sono i fattori morfologici essenziali della funzione coordinativa e integrativa del sistema nervoso, onde nasce l'unità fisiologica dell'individuo.

Questa attività integrativa si fonda anche, è vero, sulle proprietà fisiologiche generali degli elementi nervosi, ma solo in ultima istanza; in realtà, essa è conseguenza attuale e diretta delle relazioni spaziali fra essi stabilitesi, cioè della mirabile organizzazione morfologica del sistema, che a sua volta è opera di cesello delle infinite generazioni seguitesi sulla terra; onde essa rappresenta, per così dire, un'attività millenaria organizzata in forme plastiche e però capaci di ulteriore perfezionamento.

Su questo terreno, l'osservazione morfologica e l'indagine sperimentale possono procedere insieme verso la mèta, che è di raffigurare per ogni fenomeno nervoso semplice o complesso la corrispondente costellazione di centri per i quali trasvolano, come scintille serpeggianti fra cumuli di nubi, gl'impulsi nervei destati da uno stimolo esterno o da un'idea.

È per questa sua attività integrativa e organizzatrice che il sistema nervoso sta, per dignità fisiologica, sopra tutti i sistemi organici, come nella società umana i geni organizzatori sovrastano a tutta la rimanente umanità.

Napoli, Università.

FILIPPO BOTTAZZI

SEX-CHARACTERS

Since the beginning of the century the difficult problem of the origin, evolution and development of sex-characters has been illumined by a series of brilliant experimental researches, which have made reconsideration imperative. This has been facilitated by the masterly work of Kammerer (*Ursprung der Geschlechtsunterschiede,* 1912), who has gathered together the data and submitted them to an analysis, at once fair-minded and critical. We shall state his conclusions and indicate where we differ from them.

1. It is usual to classify the differences between the sexes as 'primary' and 'secondary'. The 'primary' differences refer to the reproductive organs, the 'secondary' to those that appear in other parts of the body, such as the larynx or the hair. It is clearer to follow Poll, Kammerer and others in recognising (*a*) essential or gonadial differences which must be present if there are sexes at all — the differences between ovaries and spermaries; and (*b*) accessory differences which may or may not be present, some of them subsidiary to the reproductive organs, either internally or externally, and others affecting extra-genital parts of the body. The scheme of division, slightly modified from Poll's and Kammerer's, may be thus expressed:

Sex differences.

I. Essential or Gonadial . . . . . . In the reproductive organs proper.
II. Accessory or Incidental:
- *a*) subsidiary to the gonads: — either internally, as in accessory glands; or externally, as in pairing organs, egg-laying organs.
- *b*) somatic or extra-genital: — either internally, as in vocal organs; or externally, as in colour, hair, feathers, etc.

2. The sex differences have a structural and a functional side, a morphological and a physiological aspect, but for practical purposes one side may often be disregarded. Thus a chitinous decoration on a male beetle has no vital activity after it is formed; it is the structural side that is important. On the other hand, the differences in the blood of a male and a female, which are of great importance, may not have any detectable structural expression. Similarly, there are many subtle differences in instincts and impulses, in physiological habit and length of life, which are very real though we cannot say much about their structural expression!

3. Another consideration to be kept in mind in the classification of sex differences is the degree of permanence in their expression. An adult peacock can never be confused with a peahen, but there are many birds, e. g., some ducks, which show great dissimilarity between the sexes at the breeding season and great similarity at other times. In many fishes, such as sticklebacks, the males are conspicuously different from the females at the breeding time, but inconspicuously different at other times. In short, there are many nuptial characters which wax and wane according to the sexual state of the organism.

Illustrations of sex characters.

4. Convenient surveys of sex differences are to be found in Darwin's *Descent of Man* and Cunningham's *Sexual Dimorphism*. Among Mammals one recalls the gorilla's sagittal crest, the mandrill's enormous canines, the elephant-seal's nasal proboscis, the lion's mane, the narwhal's tusk, the stag's antlers, the duckmole's spur. Among Birds one recalls the peacock's tail, the wing-feathers of the Argus Pheasant, the decorations of birds of Paradise and humming-birds, the tail of the lyre-bird, the neckfeathers of the ruff, the cock's spur, the great bustard's inflatable throat pouch. Among reptiles there are a few cases like the erectile dorsal crest of *Anolis cristatus* and the bony horns of some chamaeleons. Among amphibians there are the dorsal crests of some newts, the swollen first fingers of frogs and toads, the resonating sacs of some frogs. Among fishes, we recall the salmon's hooked lower jaw, the brilliant colouring of the male dragonet, the 'claspers'

of Selachians. Among Invertebrates, there are well-known contrasts between the sexes in the Argonaut, in the Giant Japanese crab, in many spiders, in Dynastid and Lucanid beetles, and in many Lepidoptera. Cunningham notices the dimorphism in Nereis, and the case of the female Bonellia with her pigmy mate is famous.

5. In most cases the positive character is on the male side. He has an extra something which the female does not possess in a developed state, if at all. It is important therefore to recall two or three examples of the converse. The females of the frog genus *Nototrema* have a pocket on the back into which the male pushes the eggs. So far as we know the marsupium of Marsupialia is never more than a rudiment in the males. In the Red Necked Phalarope the female is the more decorative bird.

6. After a survey of sex characters, it is well to remind ourselves that conspicuous difference between the sexes is the exception, and general similarity the rule. In many of the higher animals the males and females are very like one another in external appearance. Cat, mouse, rabbit, and hare may be mentioned among mammals; rooks, kingfishers, and many parrots among birds. Below the level of crustaceans, in animals like starfishes and sea-urchins, marine worms, thread-worms, jellyfish and corals, it is rare to find more than minute sex-dimorphism.

7. Contrariwise, although there may not be any marked dimorphism, there may be a profound functional difference. There are many facts, long since alluded to in *The Evolution of Sex* (1889), which go to show that in their metabolism the male and the female are very different. They run at different physiological rates; the metabolism of the male is relatively more intense. The ratio of katabolism to anabolism is greater in the male than in the female. We may quote a few sentences from another biologist, who seems to take the same view. In his *Sex Antagonism* (1913), Mr. Walter Heape writes: « The Male and the Female individual may be compared in various ways with the spermatozoon and ovum. The Male is active and roaming, he hunts for his partner and is an expender of energy; the Female is passive, sedentary, one who waits for her partner and is a conserver of energy ».

Perhaps the average differences between the sexes may be summed up tentatively in this tabular contrast:

MALE.	FEMALE.
Sperm-producer	Egg-producer
With less expensive reproduction	With much more expensive reproduction
More intense metabolism	Less intense metabolism
Relatively more katabolic	Relatively more anabolic
Often with shorter life	Often with longer life
Often smaller	Often larger
Often more brilliantly coloured and more decorative	Often quieter in colour and plainer in decoration
Rising to more intense outbursts of energy	Capable of more patient endurance
More impetuous and experimental	More persistent and conservative
More divergent from the youthful type	Nearer the youthful type
Often more variable	Often less variable
Making more of sex-gratification.	Making more of the family.

Theories of sex dimorphism.

8. *Darwin's Theory.* As everyone knows, Darwin argued that the evolution of dimorphic sex-characters might be accounted for in terms of selection — especially sexual selection. This has two modes: the combats between rival males and the preferential mating where the female chooses or seems to choose. We propose to re-discuss this theory in a subsequent article, and we shall simply indicate at present that there are some serious difficulties in its way. *a*) What is known experimentally in regard to selective breeding, e. g. Johannsen's work, does not favour the view that the level of differentiation of, say, the stag's antlers and the decorations of the bird of paradise could be gradually raised generation after generation by such selection as combats and preferential mating respectively afford. *b*) In some cases of pronounced sex dimorphism there is no evidence either of preferential mating or of combats, and subsidiary hypotheses have to be invoked. Thus we have Günther's suggestion that masculine characters have their justification as a means of « bluffing » enemies. *c*) Statements in regard to serious disproportion in the number of the two sexes must be taken critically, having

broken down in several cases. And it is plain that the value of the selectionist interpretation depends largely on the evidence that considerable numbers of the less attractive or less well-equipped males are either left un-mated, or have less numerous and successful families as the result of their matings. *d*) As Darwin himself hinted, there is much reason to think that the female who has to be wooed surrenders herself not to the male who has a particular character in special excellence, but to the one whose *tout ensemble* has most successfully excited her sexual interest.

9. *Cunningham's Theory.* In his interesting *Sexual Dimorphism* Mr. J. T. Cunningham argues in support of a Lamarckian interpretation. « In either sex unisexual characters have, as a general rule, some function or importance in the special habits or conditions of life of the sex in which they occur ». « But the important truth, which appears to have been generally overlooked, is that in the case of each special organ its special employment subjects it to special, usually mechanical, irritation or stimulation, to which other organs of the body are not subjected. Every naturalist and every physiologist admits that in the individual any irritation or stimulation regularly repeated produces some definite physiological effect, some local and special change of tissue in the way of either growth or absorption, enlargement or decrease, or change of shape. Thus not only hypothetically at some former time, but actually at present in every individual, the unisexual organs or appendages are subjected in their functional activity to special strains, compacts, and pressures, that is, to stimulation, which must and does have some physiological effect on their development and mode of growth ». To explain the restriction of sex-characters to one sex, to the period of maturity, and often to one period of the year, Cunningham supposes that « heredity causes the development of acquired characters for the most part only in that period of life and in that class of individuals in which they were originally acquired». Unisexual characters are largely of the nature of excrescences which originated from mechanical or other irritation in the male or the female at particular times and in particular states of body. They are now part and parcel of the inheritance, but they are not expressed in the body except in association with physiological conditions the same as those under which they were originally produced.

Cunningham seeks to show that sex characters may be interpreted as the hereditary outcome of special irritations. The legitimacy of this interpretation depends 1. on the experimental evidence that can be adduced to show the origin of callosities, excrescences, proliferations, etc., as the direct result of stimulation, and 2. on the case that can be made out, on experimental or logical grounds, for believing that somatic modifications may be directly transmitted, in some degree at least. This raises the whole question of the transmission of somatic modifications, which we waive. We simply express our opinion, argued for elsewhere, that the evidence does not warrant an acceptance of Cunningham's theory.

10. *Surplusage Theory.* Hesse and Doflein have made the interesting suggestion that as reproduction is very much less expensive in the males, they have surplus material at their disposal which may account for their frequently greater variability, for certain characteristics of habit and temperament and for their exuberant growths of various sorts.

To the objection that the male is often much smaller than the female, and that his nutritive income will be proportionally less, the answer is given that the decisive fact is one of ratio, e. g. between the amount of material expended in reproduction and the weight of the body in the two sexes, or between the size of the reproductive organs and the size of the body in the two sexes.

In cases where the sexes expend approximately equal amounts of material in reproduction, almost no sex differences occur. Thus in many fishes, such as the herring, the ovaries and testes are about the same size and enormous quantities of milt are shed by the males in the water. In the viviparous Cyprinodonts, on the other hand, where there is internal fertilization and economy of sperm-material, the males show both permanent and periodic distinguishing features.

In his critique of the surplusage theory, Kammerer indicates some serious, and indeed fatal, objections. *a*) It may explain how the male has a good deal to spend on decoration, but it sheds no light on the specific line that his expenditure takes — a mane for the lion and antlers for the stag. *b*) It is easy to pick out cases that suit the theory, but what of the broad fact that in hundreds of cases among birds and mammals, reptiles and insects, the two sexes are equal in size,

equal in numbers, and uniform in appearance, although the expenditure on the male's side is very much less than the female's. *c*) The female's reproduction is more expensive, but yet it is the female that tends to fatten. And why is it that when her reproductive expenditure is over, her accessory sex-characters do not improve (except in rare cases), but become less marked than ever? *d*) There are many cases where the male has to fertilize the eggs of many females, and where he has no masculine peculiarities, which is what the theory would suggest. But there are also many cases of a similar sort, where the polygamous male, like peacock, pheasant, stag, bull, sea-lion, shows an exuberance of masculine features. Indeed it has been suggested that increased sexual function in the male tends to increase the masculine features, and vice versa.

The Role of Internal Secretions.

11. It has long been recognised that the reproductive organs exert a pervasive influence on the body, as is conspicuously seen in the changes that occur at adolescence and in pregnancy even in remote parts of the body. The fact is expressed in Helmont's aphorism: « *Propter solum uterum mulier est, quod est* », which Chereau changed into « *Proptcr solum ovarium mulier est, quod est* ».

The view of Pflüger that the gonads exert an influence through the nerves associated with them has given place to the view, originating with Brown-Sequard, that the influence passes into the body by the medium of the internal secretions of the gonads. To Starling we owe the convenient term 'hormones' for the specific stimulating substances in these internal secretions.

It may be explained that a male organ or testis in a higher animal consists 1. of sperm-making cells arranged in tubules, 2. of interstitial cells of various types, and 3. of a connective-tissue outer envelope. Similarly the female organ or ovary consists 1. of ova disposed in groups or follicles, 2. of interstitial cells of various kinds (the stroma, of the ovary, the follicle cells, and the corpus luteum), and 3. of a connective tissue outer envelope.

It has been shown by many investigators that the interstitial cells of the Mammalian testis possess a relative inde-

pendence of the germinal portion. They may be well-developed at a time when the germinal part is still embryonic; they may occur at some distance from the seminiferous tubules; they may be normal in old testes from which the sex-elements have disappeared, or in diseased testes in which only the seminiferous part is affected. Three functions have been assigned to the secretion of these remarkable glandular cells, that it is nutritive for the testis, that it acts as a formative stimulus for the secondary sex-characters, and that it affects genital excitement.

It has been shown that masculine characters (e. g. in the horse and in man) may develop although the sperm-making part of the testis is degenerate, the interstitial part being well developed. It follows that the stimulating internal secretion, without which the masculine characters do not develop, is produced by the interstitial tissue. It has been shown (e. g. in mole, marmot, man) that the interstitial tissue waxes and wanes, and that the recurrence of 'heat' in animals is preceded by activity of the interstitial tissue before sperm-making activity sets in. Similarly in the female the internal secretions that pass from the ovary have their origin not in the germinal but in the interstitial part of the organ.

Let us consider the case of fowls. For three or four weeks after hatching, chickens do not show any external marks of sex. In size and colour of comb, in plumage and limbs, pullets and cockerels are alike, and it is not till towards the thirtieth day that the external differentiation begins to be apparent. By the forty-fifth day the comb is more pronounced and more vividly coloured in the male; the wattles begin to develop; the young cocks crow in the second month; differences in the plumage begin to differentiate the two sexes more and more sharply.

So far we are on familiar ground, and it is also well known that the removal of the testes hinders the development of the secondary sex-characters. But an investigation by J. des Cilleuls (1912) has made matters more precise. He has shown that the appearance of the secondary sex-characters in the young cock coincides with the appearance of interstitial cells in the testes; that the interstitial cells and the distinctively cock-characters increase *pari passu;* and that the cock-characters continue to be accentuated till after the sixtieth

day, while the essential part of the testes — the seminal tubules — remains embryonic. It would appear, therefore, that the internal secretion of the interstitial cells serves as a stimulus for the development of the secondary sex-characters.

As Steinach and Kammerer have put it, the changes that occur in the body when an animal becomes sexually mature are conditioned by the internal secretion of the gonads, probably of the interstitial tissue alone. The brain is influenced profoundly, it is « eroticised »; it becomes susceptible to the attractions of the other sex. The cerebral ganglia acquire a tendency to lower the tonus of certain inhibiting centres in the spinal cord, and at the same time the excitability of certain sympathetic ganglia is increased, so that they react to peripheral stimulation.

« The eroticising of the central nervous system also brings about far-reaching changes in metabolism, such as increased blood-supply to the genital and extra-genital sex-characters, which react to this with vigorous, often annually renewed growth, and at the time of puberty reach their full development ». In these words Kammerer expresses a conclusion based on experiment and of the highest importance. The gonads by their hormones influence the whole body and in particular the sex-characters, but the influence comes under the regulation of the central nervous system. But it cannot be concluded that the secretion of the gonads causes the sex-characters, though it is a condition of their development in the individual. The gonads are the nurses of sex-characters, but not their producers. The characters are in the hereditary treasure-box, even though they are never exhibited. The internal secretion is a condition of their normal development; that is all that can be said.

According to Tandler the criterion of a sex-character is that it reacts to gonadial secretions in a particularly definite way. The gonadial secretions punctuate the growth of the long bones and thus affect the proportions of the body; they also influence the nervous system and the general metabolism; they work in harmony with other internal secretions. But it is indisputable that they exert a particularly strong and definite formative influence on certain parts — and these are the sex-characters. The difficulty is to understand the history of this correlation.

Statement of Kammerer's Conclusions.

12. The first important step in the evolution of sexual reproduction was the specialising of germ-cells as distinguished from body-cells. The second was the differentiation of dissimilar gametes — contrasted in their assimilation-capacities, amount of cytoplasm, size, and activity — the microgametes and the macrogametes which unite in fertilisation. The differentiation of sex doubtless occurred very early in phylogeny, and the determination of sex occurs very early in ontogeny. It is progamic or syngamic; the sex is definitely settled at fertilisation. Before this, during the maturation period, the gametes are probably in varying degrees susceptible to external influence, so that their unisexual predisposition (*eingeschlechtlicher Entwicklungstendenz*) may be changed (it is to be supposed that they all have the primordia of both sexes), but the higher the animal the less is this susceptibility. Only in plants and in the lower animals can we now succeed in experimentally changing the progamic predisposition, activating the tendency which should otherwise be latent. The factors that condition maleness (« Mikrogametismus ») or femaleness (« Makrogametismus ») are ultimately assimilation-differences.

Removal of the essential gonads changes the metabolism, affects the whole body, and is usually followed by degeneration of the subsidiary and incidental sex-characters. But this cannot be used as a criterion to distinguish sex-characters and body-characters. It seems in fact as though the body was 'sexed' through and through.

But the castration, however early it may be, never prevents the appearance of the embryonic primordium of any character. The absence of the gonad has a purely quantitative effect on the degree of development which a character may reach, or on the degree of regeneration which may occur after loss.

When the essential gonadial substances are introduced in any form (by transplantation, injection, etc.) into a castrated animal, the effects of castration are alleviated or reversed. The gonadial substances of the two sexes may differ in their effect, but only quantitatively; what can be done with ovarian substance can also be done with testicular substance.

Injection of the gonadial or even cerebral substance of animals in heat (of males more markedly than of females) may be followed in castrated animals by sexual excitement and symptoms of heat. The eroticised brain is to be regarded as a regulator, which quickens or retards the growth of certain parts by its effect on the blood-vessels, and also affects the tonus of other ganglia.

Breeding experiments show that sex-characters behave in inheritance like all other specific or racial characters. They illustrate either blended or alternative inheritance. Moreover, hybridising experiments show that indifferent systematic characters may come to be sex-linked, and conversely that the characters of one sex may come to be the common property of both, or may wholly disappear in the « atavism » that sometimes follows the crossing of widely separated races.

Sex-characters have arisen phylogenetically, like species-characters, by direct and by functional adaptation. They may have begun in both sexes and have become subsequently specialised in one (usually the male), — and this is probably true, on the average, of the older characters. Or they may have begun in one sex in response to peculiar conditions of life (usually the male), — and this is probably true, on the average, of the later acquisitions.

Sex differences, whether arising directly (environmentally impressed on the passive organism) or indirectly (functionally established by the active organism), become hereditary characters along with the rest of the organisation. What were primarily common to both sexes may be restricted to one; and what were primarily restricted to one may become common to both, and there has probably been a continual flux of sex attributes, the gonadial and genital least, the extra-genital most.

Illustrative Facts.

13. Kammerer bases his conclusions, for the most part, on the results of recent experimental work. Let us take a few illustrations from his scholarly survey. The castration of young mammals often leads to a lengthening of the long bones, to a lessening of muscular development, to fattening, to inhibition of brain development, and to suppression of sex charac-

ters such as antlers. The castrated female may show an activation of latent masculine characters, but in the crabs castrated by parasites the males put on the feminine characters. In certain instances, as Tandler has clearly shown, what is developed after castration tends towards the more primitive condition, to what in some cases was probably common to both sexes. A doe with antlers, a bearded woman, and a hen with cock's feathers may illustrate this. In the case of caterpillars, whose sex is determined before they leave the egg, no effect at all is produced by castration. In the case of parasitised crabs, what happens according to Geoffrey Smith is a change of the metabolism on to feminine and female lines. In *Inachus* the parasitised male crab developed egg-carrying abdominal limbs like those of a female, and it produced eggs. But the putting on of the external feminine characters *preceded* the appearance of the ovaries.

14. In some cases, such as the crests of male newts and the swollen pads of male frogs, regeneration does not occur unless the gonads are present. In other cases, the regeneration of sex-characters may take place in the absence of the gonads, or in the presence of those of the opposite sex. The influence of the gonads on re-growth is at most quantitative, not qualitative.

15. The consequences of the loss of reproductive organs can be lessened or annulled by the implantation of other reproductive organs, which need not be of the same sex, nor inserted in their proper place. The influence is chemical, for injection of gonadial extract is sometimes effective, and in some cases an implanted organ develops only interstitial tissue, but no germ-cells. Extracts of the brain and spinal cord of mammals in heat may produce on castrated animals effects comparable to those that follow the introduction of gonadial material. The influence of the hormones seems to be in great part indirect, through the nervous system.

16. Not a few experiments, especially on insects, show that changes of environment may affect the expression of the accessory sex-characters, and may indeed change them to those of the opposite sex. An environmentally induced change of metabolism brings about the activation of the normally latent accessory sex-characters of the opposite sex, or (in males especially) prevents the activation of the normal sex characters.

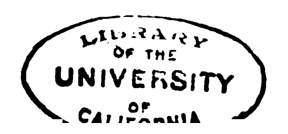
In some cases the gonads are markedly influenced by the environmental change, so that part of the result on the body may be a castration-effect; in other cases the gonads are not affected at all. Kammerer attaches much importance to cases where masculinised females had offspring which were all masculine — the females as well as the males. He concludes that sex-characters react to the environment just like ordinary somatic characters, and he believes that in both cases there is some measure of transmission of the induced modifications. We must hear more about these very interesting cases.

Sex Characters and Specific Characters.

17. Tandler and Kammerer have done good service in showing that sex characters behave like ordinary specific characters, e. g. in inheritance, in regeneration, and in their relation to environmental influence. We think, however, that they have exaggerated a useful idea, so that in its generalised expression it becomes untenable. Tandler says: — « All secondary sex-characters were indeed at first specific characters... and not primarily associated with the genital sphere ». Thus the milk-gland has doubtless arisen from a group of skin-glands, common to both sexes. Later on, in the female, it came into the service of another function, and under the influence of the reproductive organs. But there is no enigma in its representation in the males.

In Bovidae the possession of horns is a constant character of a given species or variety. They are present in both sexes. The shape-differences between them form the sex-character. When there is early castration, the two sexes have the same kind of horn, which bears a marked resemblance to the ancestral type of *Bos primigenius.*

According to many authorities, antlers began as variations on the part of the male Cervidae; they necessarily became part of the inheritance of the females as well; but they could not find expression, so to speak, in the female constitution. According to Tandler, however, they were originally possessed by both sexes, like the horns of cattle, and have in the course of time become sex-linked characters, normally developed in the males only, except in the old-fashioned reindeer where they occur on both sexes.



Kammerer comes to the same conclusion: « The sex-characters simply form a particular group of species-characters: all sex-characters are at the same time species-characters ». At the same time he refers to Möbius's thesis that there is a sort of somatic sex, a sex-differentiation of all the organs and tissues, whether they show a visible difference or not, so that one may, he says, invert the previous sentence and say that all species-characters are also sex-characters. But, in any case, there are certainly no special sex-characters, which stand apart from other species-characters, as things *per se* and autonomous.

In their recent work, *Die biologischen Grundlagen der sekundären Geschlechtscharaktere*, 1913, Tandler and Grosz are very emphatic in their conclusion that all sex-characters have been derived from specific characters or 'systematic' characters, which in the course of time have been brought (by the usual method of variation and selection) into the service of reproduction. This occurred at different periods, as is suggested by their different degrees of variability to-day. And *pari passu* with their evolution they have come into correlation with the gonadial glands of internal secretion which supply their indispensable liberating stimuli. « The secondary sex-characters are to begin with systematic characters and they ultimately owe their development and differentiation to the harmonious co-operation of the glands of internal secretion ».

18. The thesis that: « All secondary sex-characters were at first specific characters », appears to us to be an exaggeration of a sound idea.

There are, it seems to us, *numerous* peculiarities of one sex or the other which cannot be readily derived from specific characters supposed to be common to both sexes. And if it be said that the cases we would adduce are not fair samples of sex-characters, we would reply that it is very difficult to draw a line round « secondary sex-characters », separating them from other sex-differences. This is especially difficult among Invertebrate animals where we have little knowledge of glands of internal secretion connected with the essential gonads, and are therefore bereft of that useful criterion of a secondary sex-character which has been discovered in Vertebrates.

Let us consider, then, a few striking sex-differences in the light of Tandler's theory. The female paper-Nautilus (Argonauta) is very different from the male. She is much larger,

she has two 'arms' peculiarly modified to secrete a unique shell, not homologous with other Cephalopod shells, which is used as a brood-chamber for the developing ova. The small male has no such shell and no such modification of two of the arms. When he is sexually mature, one of his arms becomes laden with sperm-packets and is discharged as a « hectocotylus » into the mantle cavity of the female.

These are familiar facts, but we do not know of any evidence for supposing that the immediate ancestors of the paper Nautilus had an external shell or modified arms such as the female now shows. There is no hint of such a thing. Moreover, the shell is not for living in, but for the protection of the eggs, it is a cradle not a house, and it has no meaning except in the female.

Let us take one of those very interesting cases where the female has something definite and positive which the male has not, — the frog *Nototrema* with its dorsal pouch in which the eggs are carried. Is there any warrant for supposing that this was once a specific character?

Another case in point may be found in the so-called claspers of male Selachians and Chimaeroids. In a fish like the skate they are very conspicuous sex-characters; they are highly specialised structures with complicated musculature and skeleton. In the Chimaera they are even more complicated. They are very definitely male organs, and in some cases at least they are inserted into the cloaca of the female in the process of sexual union. Phyletically they are specialised portions of the pelvic fins, but there is no trace of them in the female. So far as we know, there is no warrant for supposing that the ancestors of our modern Selachians had in both sexes structures like the claspers.

Similarly, the male spider is often very markedly distinguished from the female not only in size, but by the great complexity of the pedipalps which are used in transferring the sperms into the female. The sex-character here is not the pedipalp, which is of course common to both sexes, but the extraordinary elaboration of the end of this appendage. We do not know of any warrant for regarding this as other than a masculine character.

Again, in most Mammals the testes are carried in an external pouch or scrotnm (into which they descend, as if by a

normalised rupture, at a certain stage of development), while the ovaries always remain internal. This is a definite male peculiarity, an extra thing that is not hinted at in the female: and we do not know of any warrant for regarding this as a transformation of a specific character once common to the two sexes. In the same way the protruding egg-sacs of many female waterfleas, e. g., Cyclops, are extra things on the female's part.

Suggested Theory of the Mode of Origin of Sex-Characters.

19. If we turn aside from the hypothesis that sex-characters arose by the hereditary accumulation of the direct results of somatic modifications, whether functional or environmental, we are shut up to the view that they arose as germinal variations or mutations. That the germinal origin of variations or of mutations is wrapped in obscurity makes all phylogenetic aetiology difficult; there is no *special* difficulty in regard to sex characters; the problem of their origin is probably in essence like that of any other characters.

Without straying far from our present path, we may recall some of the possibilities as regards the origin of variations. Fluctuations in the nutritive stream may bring about changes in the germ-cells. The opportunities afforded in maturation and fertilisation may bring about a shuffling of the chromosome cards. External changes may serve as trigger-pulling variational stimuli to the highly complex germ plasm. There is a tendency in matter to complexify, no more explicable than gravitation, but real; perhaps the living unit utilises this in its *germinal experiments in self-expression,* for that is what we believe mutations, at least, to be.

Let us suppose, then, that a germ-cell already predisposed to develop into a female-producer was the seat of a variation, say in the determinants or factors corresponding to the future ovary. Let us suppose that this variation was in the direction of producing an accessory yolk-gland. In the course of development the determinant or factor, if consistent with the rest of the constitution, is actualised and there is the beginning of a yolk-gland — an advantageous addition obviously. In the course of time the organism reproduces and

its germ-cells have entailed on them (in accordance with the conception of germinal continuity) the determinant or factor of a yolk-gland. But the difficulty immediately arises in the mind that this new hereditary item will be found not only in the germ-cells which will develop into females (where it will be relevant), but also in the germ-cells which will develop into males (where it will be irrelevant). There is no reason whatever why some of the egg-cells produced by the original female under discussion should have the yolk-gland determinant, and others not. The difficulty, then, is what will happen to the yolk-gland determinant in those germ-cells that are going to develop into males. The answer is that it will remain latent, not because its expression would be irrelevant, which is a finalistic idea, but because it arose as a variation in a gamete predisposed to develop into a female. It is solidary with femaleness, which, for us, means a metabolism-ratio or rhythm with relatively preponderant anabolism. Metaphorically, it is a seed which will germinate in female soil, which will not germinate in male soil, though it will remain latent there.

For the sake of clearness, let us take the same occurrence on the male side. In a germ-cell (whether ovum or spermatozoon or fertilised ovum) predisposed to develop into a sperm-producer, a variation arises, say, in the direction of brilliant pigmentation of the skin. If it is consistent with the rest of the organisation, it is realised in development; it is a success; all the spermatozoa have it, and it is transferred to a multitude of ova. But it develops only in those fertilised ova which are going to develop into males. It does so develop because it was to begin with a variation — a new departure — made by a male-producing gamete. It is a seed which can germinate only in a male soil, which will remain latent in a female soil. Thus a germinal variation in the parthenogenetic ova of the bee which develop into drones, will be unexpressed in the queens, but none the less faithfully handed on by them.

We venture then to suggest the hypothesis, that distinctively masculine characters all arose from variations in gametes predisposed or predetermined to develop into males, that distinctively feminine characters all arose from variations in gametes predisposed or predetermined to develop into females, and that this primal difference in origin explains (1)

why the new gains are often confined in their expression to one sex, and (2) why they hang together in a hereditary congeries. The hypothesis is in no wise inconsistent with the view that many sex-characters are transformed species-characters, for the variation in such cases was the transforming. Nor does the hypothesis conflict in the least with the facts in regard to the importance of hormones in the individual development of the sex-characters, that is a question in the physiology of development. Nor does the hypothesis conflict at all with the view that some process of Selection favoured the persistence and diffusion of the new character. Nor does the hypothesis conflict at all with the view that the sex-characters behave in inheritance as Mendelian characters. The hypothesis concerns the *origin*, not the ontogenetic development, nor the phylogenetic evolution, nor the mode of inheritance.

One of the arguments that may be used in support of our hypothesis is that used in a slightly different connection in *The Evolution of Sex* (1889). It is this. There are numerous distinctively masculine characters which have some measure of 'family resemblance', which look as if they had something in common, which are congruent with the intenser metabolism of the male sex. To a thoroughgoing Lamarckian this is readily intelligible, for he regards the colour-display, the exuberance of integumentary outgrowths, the erection of parts of the body such as crests and tail-feathers, the growth of weapons on the one hand and embracing organs on the other, as natural developments of the intensely living, lusty male, as natural individual developments, whose results have gradually been incorporated in the heredity-bundle. But we cannot take this view of the matter. We do not believe that Nature works in this *direct* way. Our suggestion is that such measure of congruence as there is in, say, masculine sex-characters (e. g. brighter colouring, exuberant decoration, smaller size) may be hypothetically interpreted as due to their having arisen as germinal variations or mutations in germ-cells predetermined to develop into males.

20. As a subsidiary hypothesis, we venture to suggest that augmentations of the activity of the gonadial glands (due either to germinal or to nurtural causes) may have from time to time set free in the organism an unusual abundance of hormones with a corresponding exaggeration of individual sex-

characters. Now, being Weismannists by conviction up to the date of this essay, and yet having a suspicion that there must be something in Lamarckism after all, we wish to suggest for critical consideration the hypothesis that this unusual abundance of hormones (of the nature of which very little is known) may exert an influence on the germ-cells in the gonads and stimulate in them the determinants corresponding to the secondary sex-characters which are being especially stimulated in the parental body in question.

Sex-Characters in individual Development.

21. We can imagine that what obtains in ontogeny is somewhat as follows. The fertilised egg-cell, in a way inconceivable to us, is the vehicle of the determinants (or factors, or initiatives, or potentialities!) of all the characters proper to the species. It also contains the possibility of giving rise to the characters peculiar to either sex, whether of the essential sex organs, or of the subsidiary sex organs, or of distant parts of the body. It is probable that whatever determines whether the fertilised egg is to develop into a sperm-producer or an egg-producer at the same time determines that it shall develop the masculine or the feminine set of characters. The cause which determines that the fertilised ovum is going to develop into a deer with testes, also determines that it is going to develop into a deer with antlers.

We may compare the determinants of sex-characters to seeds which will not germinate except in particular kinds of soil. The determination of sex settles the question of (protoplasmic) soil. If the fertilised egg is going to develop into a male all the « masculine seeds » will germinate; if the fertilised egg is going to develop into a female all the « feminine seeds » will germinate. If the sex is imperfectly differentiated, as in casual hermaphrodites, then some features of both sets — masculine and feminine — may find expression.

To the question why the fact that the fertilised ovum is going to develop into a male (or a female) should *ipso facto* imply that all the masculine (or the feminine) characters are to find expression, we have given the answer that the characters are all correlated, they are there or not there *en bloc,* they form a sex-linked assemblance. And as a reason for this

correlation we have suggested (1) that all masculine (or feminine) characters originally arose as germinal variations in gametes predisposed to develop into males (or females), and (2) that in some cases these variations may be plausibly interpreted as congruent or solidary with the characteristic male (or female) diathesis. And to this there requires to be added the very important consideration that just as a thyroid gland and a pituitary gland have arisen in the course of evolution with most important functions in the internal economy of the organism, so in the course of evolution the gonadial glands have arisen, whose internal secretions, working in harmony with other internal secretions, serve as the liberating stimuli and indirectly as the regulators of the development of the sex-characters.

Aberdeen, University.

J. Arthur Thomson

LE PROBLÈME DE LA PARENTÉ DES LANGUES

La dernière liste de langues publiée, celle qu'a donnée le regretté F. N. Finck, *Die Sprachstämme des Erdkreises,* en renferme plus de deux mille. Ce chiffre n'a, par lui-même, aucune importance: la liste n'a pas été faite suivant un principe un, et il ne serait pas possible d'en dresser une avec rigueur. En effet on peut convenir de compter autant de langues distinctes qu'il existe de parlers inintelligibles pour les sujets employant tout autre parler. Mais cette limite d'intelligibilité est fuyante: le provençal et le français sont assurément deux langues distinctes; car pour qui ne sait que l'une de ces deux langues, l'autre est inintelligible à l'audition; mais le provençal et le catalan sont-ils deux langues distinctes? Au premier abord, les sujets qui parlent l'une de ces deux langues ne saisissent pas l'autre; mais il faut peu d'effort à un Provençal pour comprendre un Catalan et inversement. Il est donc impossible de dire combien il existe actuellement de langues. Une chose du moins est sûre: les langues distinctes se comptent par centaines, et il se parle actuellement beaucoup plus de mille idiomes assez différents les uns des autres pour rendre nécessaire l'usage d'interprètes.

Pour mettre un ordre dans cette variété, on a tenté de classer les langues d'après les traits généraux de leur structure grammaticale en langues isolantes, agglutinantes, incorporantes et flexionnelles. Mais on n'a pas réussi à poursuivre ce classement jusqu'au bout, et, dans la mesure où il a été fait, il s'est trouvé dénué de toute utilité soit pratique, soit scientifique. Dans son petit livre sur les principaux types de langues, F. N.

Finck n'a pu que décrire huit langues particulières arbitrairement choisies.

Fr. Müller, dans son grand exposé des principaux types de langues, et F. N. Finck, dans le petit ouvrage cité ci-dessus, ont été réduits à ranger les langues d'après les races d'hommes qui les parlent. Mais comme il n'y a aucun lien nécessaire entre la langue et la race et que personne ne soutient sérieusement qu'un certain type linguistique soit lié à un certain type somatique, ce procédé n'a été adopté que comme un pis-aller, et un pis-aller fâcheux. Car il éveille une idée fausse.

Toutefois, si l'on ne connaît aucun principe qui permette actuellement de classer toutes les langues, on a déterminé l'existence de plusieurs groupes linguistiques nets; personne ne doute qu'il y ait un groupe roman, composé de l'italien, de l'espagnol, du français, du roumain, etc.; un groupe germanique, composé de l'allemand, de l'anglais, du danois, du suédois, etc.; un groupe slave, composé du tchèque, du polonais, du russe, du serbe, du bulgare, etc.; et ainsi de beaucoup d'autres. Les ressemblances entre les langues qui constituent chacun de ces groupes sont évidentes; la valeur de ce classement se traduit pratiquement par le fait que si l'on possède l'une des langues du groupe, on acquiert plus facilement les autres. Il y a donc un classement linguistique qui s'applique d'une manière satisfaisante en certains cas. Dès lors il vaut la peine d'examiner si, en appliquant le procédé, on n'arriverait pas à classer toutes les langues.

Le principe de ce classement est simple. Toutes les langues actuellement parlées du groupe roman sont des transformations diverses d'une seule et même langue qui ne se parle plus, mais dont on a des monuments écrits, le latin. Les langues du groupe germanique sont des transformations d'une même langue commune, dont on n'a pas de monuments, mais dont on doit supposer l'existence; les langues slaves sont les formes diverses prises par une seule et même langue slave commune non attestée. Plus on remonte dans le passé de chacune des langues germaniques, plus se manifeste la ressemblance; et de même pour le groupe slave; si les documents conservés permettraient de suivre l'histoire plus loin en arrière, on finirait — et assez vite — par trouver l'identité complète, dans la mesure très approximative où une langue est jamais une. Les groupes de langues utilement constatables sont donc définis par l'unité

d'origine. Dire que plusieurs langues appartiennent à un même groupe, c'est dire qu'elles sont des différenciations d'une langue plus ancienne: des langues *parentes* sont en réalité *une seule et même langue modifiée de manières diverses* au cours du temps.

Il y a donc une classification linguistique qui, en certains cas au moins, est satisfaisante, la classification « généalogique »; elle a abouti pour beaucoup de langues à des résultats précis que Fr. Müller et F. N. Finck ont insérés au milieu de leur classification ethnique générale; elle a permis depuis une centaine d'années de faire l'histoire des langues indo-européennes, des langues sémitiques, des langues finno-ougriennes, des langues bantoues, des langues indonésiennes, et sa fécondité se montre chaque jour plus grande; il était permis de croire qu'elle ne donnerait plus lieu à des discussions et qu'on s'efforcerait seulement d'en poursuivre l'application. Mais elle a été dans les dernières années l'objet de discussions de principe. Il y a en effet des obscurités dont les unes proviennent de la manière dont les langues se transforment, et les autres tiennent à ce qu'il est malaisé de mettre en évidence des communautés d'origine. D'autre part, la difficulté de fait qu'on éprouve à faire entrer toutes les langues dans la classification généalogique a conduit certains linguistes éminents à ôter au principe de cette classification sa précision et sa rigueur ou à l'appliquer d'une manière inexacte. Il ne sera donc pas inutile de remonter à ce principe même et de montrer en quelle mesure une classification généalogique des langues est actuellement possible, jusqu'où elle peut être utile, et ce que l'on en peut espérer.

I.

La formule suivant laquelle certaines langues sont les transformations d'une langue plus ancienne recouvre des réalités historiques diverses et complexes. En effet les langues ne sont pas des objets ayant une existence matérielle autonome et se développant par eux-mêmes. Une langue est une institution propre à une collectivité sociale, et les modifications qu'elle subit sont liées à l'histoire de cette collectivité. Elle ne se transforme pas comme un manuscrit ou comme un outil. Elle résulte d'une activité mentale des sujets parlants. Elle

n'est pas la même chez deux sujets parlant une même langue: il n'y a pas deux Français qui parlent exactement le même français. Sans doute il existe pour chaque langue une norme à laquelle les sujets parlants tendent à se conformer; mais cette norme est plus ou moins définie suivant les cas, et le sentiment qu'on en a est plus ou moins délicat. Des variations, même étendues, n'empêchent pas les gens de se comprendre entre eux. Par suite, il existe des communautés linguistiques où l'unité est très imparfaite; et il n'y en a aucune où tous les sujets parlent d'une manière sensiblement identique. La formule: une langue est une forme modifiée d'une autre, n'a donc pas un sens linguistique précis, puisque ni l'une ni l'autre langues ne se laissent exactement saisir à aucun moment.

Du reste les langues ne se maintiennent qu'en se transmettant d'un individu à un autre. Or, les enfants qui apprennent à parler ne reçoivent pas la langue toute faite. Ils ne peuvent reproduire que ce qu'ils entendent, et il est inévitable que des nuances délicates échappent à leur attention. En constituant leur système linguistique avec ce qu'ils ont entendu et remarqué, ils ne reproduisent pas exactement le système linguistique des générations antérieures. Même quand ils emploient les mêmes formes, ils ne les sentent pas toujours de même. Par sa discontinuité naturelle, la transmission du langage donne lieu à des changements. Les enfants sont d'autant plus libres vis à vis des générations antérieures que la norme est moins précisément établie et que l'unité est moins réalisée dans la communauté où ils apprennent à parler.

La langue ne se transmet pas seulement de génération en génération. Sans cesse il se produit des situations qui engagent ou qui obligent certains sujets à employer, de préférence à leur parler maternel, une langue susceptible de servir à des communications avec un plus grand nombre d'hommes; sans cesse, il y a par suite des groupes d'hommes qui changent de langue. Mais on ne sait jamais parfaitement une langue étrangère; on n'en saisit pas toutes les finesses; on n'en reproduit pas exactement tous les détails; on n'en applique pas correctement tout le système. Chaque sujet qui emploie une langue étrangère apporte donc un trouble dans la communauté linguistique. Partout où il y a des populations d'origines diverses, la situation linguistique devient incertaine, et la liberté

des enfants qui apprennent à parler s'accroît. Quand, comme il arrive souvent, une population entière change de langue, il est inévitable que la langue nouvellement apprise, d'une part, ne soit pas en tous points conforme au modèle imité, d'autre part soit pendant un certain temps moins stable que n'est une langue fixée par une longue tradition.

Quels que soient les procès, en partie mal éclaircis, par lesquels se réalisent les changements, une chose est sûre: entre l'aspect d'une langue à un certain moment et l'aspect de cette même langue à une époque postérieure, il y a souvent une différence profonde; en quelques siècles, une langue peut devenir méconnaissable. Le français du XIe siècle est du latin, à savoir le latin vulgaire qu'ont adopté vers le Ier siècle après J. C. les populations de la Gaule du fait de la conquête romaine; mais un Romain du Ier siècle n'aurait pas compris ce latin nouveau pas plus qu'un Français du XIe siècle n'était capable d'entendre le latin ancien. Depuis, le français a continué de changer rapidement en s'éloignant de plus en plus du latin. Mais, si fort que la divergence grandisse, le français ne cessera pas pour cela d'être du latin transformé, aussi longtemps qu'il se parlera.

En effet, la définition de l'identité linguistique ne peut être que sociale: quelles que soient les différences de fait entre les sujets parlants, il y a langue une là où des individus, se comprenant entre eux, ont, d'une façon consciente ou inconsciente, le sentiment et la volonté d'appartenir à une même communauté linguistique. La langue change au cours du temps; mais, si l'on considère des sujets contemporains les uns les autres, il y a en un sens unité à chacun des moments successifs qu'on peut envisager. Entre la conquête de la Gaule par les Romains et l'époque actuelle, il n'y a eu aucun moment où les sujets parlants aient eu la volonté de parler une langue autre que le latin. Les habitants de la Gaule ont voulu acquérir le latin, et ils y sont parvenus; le latin vulgaire dont le français est une transformation diffère très peu de celui qui a abouti aux autres langues romanes. Depuis ce temps, les habitants de la France actuelle n'ont jamais eu l'intention de parler une langue nouvelle; ils se sont toujours efforcés de parler leur langue traditionnelle, et ils ont toujours eu le sentiment de parler une même langue. Une différence tranchée n'apparaît que si l'on envisage deux moments éloignés du

développement. — Par le fait de la diversité des conditions historiques, une même langue peut subir des changements divers dans les différentes régions où elle est employée; dès lors, malgré la persistance de la continuité avec le passé en chaque région, cette langue se brise en un certain nombre de langues qui progressivement deviennent distinctes. Ainsi le latin est devenu suivant les lieux l'italien, le provençal, le français, l'espagnol, le roumain, etc. — On voit par là que ce qui définit une parenté linguistique, c'est seulement un fait historique: une langue sera dite issue d'une autre si, à tous les moments compris entre celui où se parlait la première et celui où se parle la seconde, les sujets parlants ont eu le sentiment et la volonté de parler une même langue, soit que cette langue se soit transmise normalement de génération en génération, soit que certains groupes d'hommes l'aient adoptée à la place de leur ancien parler. Sont parentes entre elles toutes les langues issues ainsi d'une même langue. Ainsi la parenté de langues résulte *uniquement* de la continuité du sentiment de l'unité linguistique.

Le sentiment et la volonté qu'ont les sujets parlants d'employer une certaine langue sont chose inconsciente là où il n'existe qu'une langue: dans un milieu linguistique homogène, les sujets parlent comme on parle autour d'eux. Mais, dans les milieux où il existe plusieurs manières de parler, on sait toujours qu'on se sert de tel ou tel système: un Breton qui pratique le français et le breton sait en chaque cas s'il parle français ou breton, et il ne mélange pas l'un des systèmes avec l'autre; car les systèmes grammaticaux de deux langues sont, on le verra, impénétrables l'un à l'autre.

On peut être tenté de dire que la langue issue d'une autre plus ancienne, si elle n'est ni identique ni même semblable à celle-ci, est constituée du moins avec les mêmes éléments linguistiques. Mais il n'y a rien à tirer de là.

Tout d'abord ce fait n'a par lui-même guère d'intérêt. Sans doute le *-ai* du français *je ferai* et le *-ais* du français *je ferais* sont des formes modifiées du latin *habeo* et *habebam*. Mais ces mots latins sont si profondément altérés qu'on les reconnaît à peine; même, si *je ferai* était clair, le simple examen du français ne donnerait pas le moyen d'analyser *je ferais*. Et, s'il est vrai que *-ai* et *-ais* sont des éléments latins, ils ont pris un emploi qui n'a pas son équivalent en

latin et que rien en latin ne laissait prévoir: entre les formes grammaticales françaises *je ferai* et *je ferais* et les mots latins *habeo, habebam,* il n'y a de commun qu'un fait matériel: *-ai* et *-ais* sont des déformations de *habeo* et de *habebam.* En tant que formes grammaticales, ce sont de véritables créations. Dans des conditions favorables pour le linguiste, comme celles offertes par les langues romanes, de pareilles créations se laissent expliquer. Mais, dans la plupart des cas, elles demeurent mystérieuses. La grammaire comparée explique bien les survivances d'un état de choses ancien; mais elle échoue souvent quand il s'agit d'expliquer les innovations qui sont de véritables créations. Donc, si l'on considère deux moments du développement d'une même langue séparés par un large intervalle de temps ou par une période de transformations multiples et rapides, on n'arrivera peut-être à presque plus rien expliquer dans le second moment par la considération du premier moment. Les éléments du premier moment considéré seront méconnaissables dans le second.

En second lieu, les langues sont sujettes à emprunter des éléments à des langues étrangères. Il y a en français moderne des mots nouvellement empruntés à l'anglais, à l'allemand, à l'italien, à l'espagnol, etc., et dont les sujets parlants savent bien qu'ils n'appartiennent pas au vieux fonds français. En ce sens toute langue est mélangée d'éléments étrangers. La part de ces éléments étrangers peut être grande; le persan actuel a un vocabulaire dont, surtout dans la langue littéraire, la plus grande partie se compose de mots arabes; le turc osmanli est plein de mots arabes et de mots persans; l'anglais a pris, depuis la conquête normande, un nombre considérable de mots au français et au latin; le vocabulaire d'une langue peut ainsi se renouveler presque totalement par des emprunts à des langues étrangères. Certains linguistes parlent alors de langues mixtes. L'expression est impropre. Car elle éveille l'idée qu'une pareille langue résulterait du mélange de deux langues placées dans des conditions *égales* et qu'on ne pourrait pas dire si une langue est la continuation d'une langue A ou d'une langue B, si le persan par exemple est la continuation de l'ancien perse ou de l'arabe. Dans les cas qui ont pu être observés d'une façon précise, on ne constate rien de pareil, et ce n'est pas un hasard historique; cela tient aux conditions même d'existence du langage. Chaque

langue constitue un système, et les sujets bilingues qui ont le choix entre deux langues ne mêlent pas ces deux langues: quel que soit le nombre de mots arabes qu'il introduit, le Persan sait s'il adopte le système persan ou le système arabe, et il n'y a jamais de doute sur le système adopté. Les Anglais qui ont admis des mots français innombrables n'ont pas mélangé pour cela le système français au système saxon. Il y a donc, même dans les cas où les emprunts sont le plus nombreux, deux situations distinctes: celle de la langue que le sujet veut parler et dont il emploie ou cherche à employer le système linguistique, et celle à laquelle il emprunte d'autres éléments, dont le nombre peut d'ailleurs être aussi grand qu'on voudra. Il y a, d'une part, un *fonds indigène*, et, de l'autre, des *emprunts*.

Une langue est définie par trois choses: un système phonétique, un système morphologique et un vocabulaire, c'est-à-dire par une manière de prononcer, par une grammaire et par certaines manières de désigner les notions. Chacune de ces trois choses comporte un nombre pratiquement illimité de combinaisons possibles, et par suite on n'a aucune chance de trouver deux langues qui, distinctes par ailleurs, aient ou exactement le même système phonétique ou exactement le même système morphologique.

La prononciation et la grammaire forment des systèmes fermés; toutes les parties de chacun de ces systèmes sont liées les unes aux autres. Le système phonétique et le système morphologique se prêtent donc peu à recevoir des « emprunts ». En fait il est rare qu'on emprunte à une autre langue soit un phonème (un son du langage), soit une forme grammaticale; quand pareil fait se produit, il ne modifie pas l'ensemble de chacun des systèmes et demeure un accident. Au contraire, les mots ne constituent pas un système; tout au plus forment-ils de petits groupes; on peut soit changer le nom d'un objet, soit introduire un nom nouveau sans que cela retentisse sur l'ensemble du vocabulaire; chaque mot existe pour ainsi dire isolément. Aussi peut-on emprunter à des langues étrangères autant de mots que l'on veut; il suffit qu'une langue étrangère ait un prestige, qu'elle soit par exemple celle des maîtres comme l'a été l'anglo-normand en Angleterre à partir du XI[e] siècle, pour que les emprunts se multiplient. Tous les mots ne s'empruntent pas avec une égale facilité: les mots

usuels sont plus malaisément remplacés par des mots étrangers que les mots d'emploi rare; on emprunte volontiers les noms d'objets nouveaux ou d'objets à la mode. La grammaire rend parfois les emprunts malaisés: une langue qui, comme le français, a des substantifs sans flexion, mais une conjugaison compliquée, emprunte volontiers des substantifs, mais relativement peu de verbes. En somme, le vocabulaire est le domaine de l'« emprunt ». Il n'y a pas de mot d'une langue dont on puisse dire *a priori* qu'il n'est pas emprunté à une langue étrangère. Il n'y a pas de langue ayant une histoire connue dont le vocabulaire ne renferme des emprunts. C'est donc avant tout par la persistance de la prononciation et de la grammaire que se traduit linguistiquement la volonté continue de parler une certaine langue qui définit la « parenté de langues ».

Ces systèmes se transforment souvent d'une manière complète. Notamment quand une langue est adoptée par une population qui perd son idiome indigène, le changement peut se précipiter; la prononciation peut alors changer d'un coup; la grammaire peut être simplifiée à l'extrême, comme il est arrivé dans les parlers créoles. Ici encore, certains linguistes seront tentés de parler de langues mixtes; mais le *matériel* de la langue appartient à un idiome défini; le créole de la Réunion ou de la Martinique est du français imparfait; mais c'est du français; car c'est à l'imitation seule du français de leurs maîtres que les nègres l'ont constitué. La plus grande partie de la conjugaison a été sacrifiée; mais ce qui en subsiste, l'infinitif, est français, et l'on n'y trouve pas le moindre élément africain. Il y a eu perte brusque d'une très grande partie d'un système grammatical au moment où une population de langue très différente et placée dans une situation sociale inférieure a appris une langue nouvelle. Les changements portent sur l'ensemble de chaque système, et l'on peut relier le système ancien au nouveau par un ensemble de formules de transformation. D'ailleurs, au début du moins, il subsiste toujours dans le système nouveau une portion notable du système ancien, et le peu que le créole a de grammaire est de la grammaire française. Tout ce qu'exige la définition, c'est qu'entre deux moments du développement de la langue immédiatement voisins l'un de l'autre, il y ait continuité dans l'emploi du système grammatical.

On ne peut pas dire que tout emprunt phonétique ou grammatical soit impossible. Dans certaines conditions favorables où des populations se mélangent d'une manière intime et où des sujets parlants, perdant le sentiment net d'appartenir à une certaine nation, ne s'attachent pas à parler leur langue avec pureté, il peut se produire des emprunts de ce genre. Ainsi, sur le domaine gallo-roman, à l'époque des invasions franques et de la domination mérovingienne, la langue de civilisation qu'était le latin s'est maintenue et a fini par s'imposer au peuple conquérant, de langue germanique. Toutefois durant longtemps les conquérants ont gardé leur langue qui avait le prestige d'être la langue des maîtres. Le gallo-roman a donc emprunté beaucoup de mots à la langue des Francs. Mais cette langue comprenait des phonèmes dont le gallo-roman n'avait pas l'équivalent; le latin vulgaire n'avait pas d'*h,* alors que *h* était fréquent en germanique, et le latin vulgaire avait un *v* labio-dental (le *v* français) alors que les Francs employaient la bilabiale *w* (*w* anglais). Les Francs qui parlaient latin ont gardé *h* et *w* dans les mots germaniques qu'ils mêlaient à leur latin, et les populations gallo-romanes ont tenu à prononcer correctement ces mêmes mots germaniques: *hapia* a donc gardé son *h* dans la forme empruntée, et le mot est représenté en français par *hache,* avec une *h* « aspirée »; *werra* a gardé son *w* qui a fini par se prononcer *gu,* et ce mot est représenté en français par *guerre*; deux phonèmes nouveaux se sont introduits ainsi en gallo-roman. Ils ont même été adaptés à des mots latins; *altu* « haut » du latin vulgaire a reçu *h* sous l'influence du synonyme germanique *hauh; vespa* « guêpe » a reçu *w* sous l'influence du synonyme germanique *wefsa;* et ainsi de nombreux autres cas: ceci montre que, pendant un temps, il a été élégant de prononcer ces mots latins avec un « accent » germanique. Des mots latins désignant des choses militaires se sont ainsi conservés avec une prononciation germanisée: *vagina* « fourreau » est devenu *wagina,* qui est représenté en français par *gaîne.* Ces deux additions au système phonétique latin sont quelque chose d'exceptionnel et dont les langues romanes autres que le français n'offrent pas l'équivalent; chose curieuse, elles n'ont guère été durables; le *w* a rapidement passé à *gu,* puis à *g* tel qu'on l'avait dans des mots indigènes comme *goût;* quant à l'*h,* elle s'est maintenue davantage; mais elle a fini par disparaître

aussi, et l'on sait que le français actuel n'a pas d'*h;* la présence ancienne de *h* se traduit seulement par des hiatus: *la haute montagne.* Il y a aussi des emprunts grammaticaux; mais, comme les emprunts de phonèmes qu'on vient de voir, ils sont liés à des emprunts de mots, et ils concernent ce qu'il y a pour ainsi dire de moins grammatical dans la grammaire. Il n'y a pas d'exemple qu'une flexion comme celle de *j'aimais, nous aimions* ait passé d'une langue à une autre; on n'emprunte une chose de ce genre que si l'on emprunte tout le système d'un coup, c'est-à-dire si l'on change de langue. Mais le turc a pu emprunter au persan le relatif *ki.* Prenant au latin des noms en *ariu* indiquant un métier, le germanique a pu développer un suffixe *arja*, et, de même que le latin avait *librarius* en face de *liber*, on a fait en gotique *bokareis* « scribe » en face de *boka* « lettre », *bokos* « livres »; et ainsi le suffixe des noms d'agents en germanique (celui de l'allemand *schreiber*) se trouve être d'origine latine; mais ce n'est encore que de l'emprunt de vocabulaire. On a même signalé, dans un endroit où le portugais et l'anglais étaient en contact, l'emploi de tours tels que *gobernador's casa* d'après l'anglais *governor's house;* il y a eu ici emprunt de l'ensemble d'une expression; d'ailleurs l'élément *'s* est si autonome dans ce tour anglais qu'il peut presque passer pour un mot, et le cas est assez comparable à celui de l'emprunt du relatif *ki* par le turc. Il arrive — en une mesure du reste assez faible et dans des situations très particulières — qu'on emprunte à une langue étrangère des petits mots à valeur grammaticale; on n'emprunte guère de vraies formes grammaticales. Ainsi l'on est toujours ramené à la même conclusion: ce qui s'emprunte, ce sont essentiellement des éléments de vocabulaire.

L'exposé précédent repose sur l'idée que le sujet parlant a toujours l'intention de parler une langue définie; et le principe est valable tant qu'il s'agit de langues nettement distinctes, qui excluent une communication entre sujets de langue différente, comme le français, le provençal, l'italien, l'allemand, le hongrois, etc.; peu importe que ces langues soient ou non de même famille. Les choses se présentent autrement si l'on envisage des parlers divers appartenant à un même groupe dialectal ou des patois employés par des gens qui ont par ailleurs une grande langue commune de civilisation de type voisin de leur parler local. Alors les sujets parlants peuvent imiter

un parler qui passe pour plus élégant; le français d'un paysan du centre de la France est du patois plus ou moins francisé, et toujours incomplètement; le patois de ce même paysan est souvent en grande partie du français patoisé. Il peut en pareil cas n'y avoir aucun sentiment net qu'on emploie tel ou tel parler; alors il y a vraiment mélange, non de langues, mais de parlers divers d'une même langue, et l'on ne saurait toujours dire, au terme d'un développement linguistique de ce genre, quel parler a triomphé. Mais ceci n'empêche pas de savoir quelle langue ont parlée les sujets considérés; le français commun d'aujourd'hui repose avant tout sur le parisien; et il s'y mêle de plus en plus tant d'éléments provinciaux qu'il n'est pas licite de dire que ce soit du parisien; en revanche, c'est du français, parce que les sujets n'ont jamais eu l'intention de parler autre chose que français; on ne saurait dire au juste si le grec moderne est de l'attique ou de l'ionien; car les sujets n'ont pas toujours voulu parler attique ou ionien; mais il est évident que c'est du grec ionien-attique: la volonté de parler ce grec a été constante chez les sujets qui ont transmis la langue, et ceci suffit.

La définition de la parenté de langues ne s'applique donc qu'à de grands groupes, nettement distincts les uns des autres, non à des parlers distingués par de simples nuances. Et ceci encore résulte du caractère social de la définition.

II.

Ces principes une fois posés, on voit aisément comment peut se prouver une parenté de langues.

Partout où le système phonétique et le système grammatical présentent des concordances précises, où des correspondances régulières permettent de reconnaître l'unité d'origine des mots et du système phonétique et où le système des formes grammaticales s'explique en partant d'un original commun, la parenté est évidente. Les langues romanes sont visiblement parentes, parce que le nombre des concordances de détail qu'elles offrent est grand et que leur grammaire et leur système phonétique s'expliquent dans l'ensemble par une origine commune. L'identité des grammaires est évidente. Ainsi l'on a à l'infinitif: italien *cantare*, espagnol *cantar*, français *chanter;* à l'indicatif présent, 3e personne, au singulier it. et esp. *canta*,

fr. *chante;* au pluriel, it. *cantano,* esp. *cantan,* fr. *chantent;* au prétérit simple, 2e personne, singulier it. *cantasti,* esp. *cantaste,* fr. *chantas;* pluriel it. *cantaste,* esp. *cantasteis,* fr. *chantates,* etc. Ainsi que l'a bien montré, ici même[1], M. Grammont, la constatation de la parenté facilite beaucoup l'apprentissage des langues en pareil cas: la seule correspondance, espagnol *h* = italien et français *f,* fait prévoir la forme de beaucoup de mots, comme esp. *haba* = ital. *fava,* fr. *fève;* esp. *hacer* = ital. *facere,* fr. *faire,* etc. Du même coup l'on voit que l'*h* espagnole, qui apparaît comme une divergence dans le système phonétique des langues romanes, est la transformation d'une *f,* et comment, par suite, l'espagnol se ramène historiquement au type général de ces langues. Il se trouve de plus que les vocabulaires concordent dans une large mesure; le fait que l'espagnol a un grand nombre de mots arabes qui ne se retrouvent ni en italien ni en français ou que le français a des mots gaulois et germaniques qui ne se retrouvent ni en italien ni en espagnol ne change rien à la parenté; car il s'agit d'emprunts. La preuve d'une parenté de langues est d'autant plus solide qu'elle se rapproche plus du cas qui vient d'être sommairement décrit.

Il va de soi que, pour établir une parenté de langues, il faut faire abstraction de tout ce qui s'explique par des conditions générales, communes à l'ensemble des langues. Ainsi les pronoms doivent être des mots courts, nettement constitués avec des éléments phonétiques aisés à prononcer, et en général sans groupes de consonnes. Il en résulte que les pronoms se ressemblent plus ou moins partout, sans que ceci implique une communauté d'origine. Et, d'autre part, les pronoms se ressemblent souvent assez peu dans des langues d'ailleurs très semblables; qu'on compare par exemple les pronoms de l'arménien avec ceux du gotique ou de l'irlandais. On ne peut donc tirer parti des pronoms dans la détermination des parentés de langues qu'avec précaution.

Dans cet exposé on n'a tenu aucun compte des ressemblances générales de structure que peuvent présenter les langues considérées: le français et l'anglais s'accordent à caractériser plusieurs catégories grammaticales par un ordre de mots défini, à employer un article devant les substantifs, à se servir

[1] Vol. XII, N. XXIV-4 (1912), p. 72 et suiv.

de petits mots accessoires pour indiquer la possession, l'attribution; tout cela n'indique pas une origine commune, parce que, d'une part, les ordres de mots en question offrent trop peu de variations possibles pour que les concordances soient significatives, et que, d'autre part, les petits mots accessoires de même valeur grammaticale qui sont employés dans ces deux langues ne sont pas réductibles à des origines communes: ainsi angl. *the* et fr. *le*, angl. *of* et fr. *de*, angl. *to* et fr. *à*, angl. *we* et fr. *nous*, angl. *you* et fr. *vous*, angl. *he* et fr. *il* n'ont rien de commun. Si l'on n'avait pas les anciens dialectes germaniques d'un côté, et le latin de l'autre, la parenté du français et de l'anglais ne serait pas démontrable. Le chinois et telle langue du Soudan, celle du Dahomey ou ewe, par exemple, peuvent se servir également de mots courts, en général monosyllabiques, faire varier la signification des mots en changeant l'intonation, fonder leur grammaire sur l'ordre des mots et sur l'emploi de mots accessoires; il n'en résulte pas que le chinois et l'ewe soient des langues parentes; car le détail concret des formes ne concorde pas; or, seule la concordance des procédés matériels d'expression est probante. C'est pour cette raison que les linguistes qui exigent des preuves rigoureuses ne considèrent pas comme établie l'existence de la famille ouralo-altaïque à laquelle on a autrefois attribué tant d'importance; entre le turc d'une part, le finnois et le hongrois de l'autre, il y a des concordances générales de structure grammaticale; mais ce qui prouve une parenté, c'est la concordance dans le détail matériel des moyens d'expression; or, si l'on trouve des formations définies communes au finnois et au hongrois et si le finnois et le hongrois se laissent expliquer par une même langue commune (qu'on voie par exemple le petit livre de M. Szinnyei, *Finnisch-ugrische Sprachwissenschaft*), on n'a constaté rien de pareil entre le finno-ougrien et le turc, et dès lors aucune parenté n'est démontrée. Le fait de procéder uniquement par suffixation, l'emploi de l'harmonie vocalique, etc. ne constituent pas des preuves de parenté.

Quand dans son article de « Anthropos », VIII (1913), p. 389 et suiv., intitulé *The Determination of Linguistic Relationship*, un américaniste éminent, M. Kroeber, a protesté contre l'emploi des concordances générales de structure morphologique pour établir des parentés de langues, il a eu entièrement raison. Seulement il n'est pas licite de conclure de là que les parentés

doivent s'établir par la considération du vocabulaire, non par celle de la morphologie; si juste qu'elle soit, la critique de M. Kroeber ne justifie pas le procédé des américanistes qui fondent sur des concordances de vocabulaire leurs affirmations relatives à la parenté de telles ou telles langues entre elles. Les concordances grammaticales prouvent, et elles seules prouvent, mais à condition qu'on se serve du détail matériel des formes et qu'on établisse que certaines formes grammaticales particulières employées dans les langues considérées remontent à une origine commune. Les concordances de vocabulaire ne prouvent jamais, parce qu'on ne peut jamais affirmer qu'elles ne s'expliquent pas par des emprunts. On sait maintenant que les nombreux mots turcs présentés par le hongrois n'apportent à l'hypothèse d'une parenté du turc avec le hongrois aucun commencement de preuve. A en juger par le vocabulaire, personne ne saurait dire si l'anglais est une langue germanique ou une langue romane; mais il suffit de considérer la grammaire pour lever tout doute: rien dans le détail matériel de la grammaire anglaise ne s'explique par le latin, tout s'y explique par la grammaire ancienne du germanique. Il est vrai que la structure générale de la morphologie anglaise moderne diffère du tout au tout de celle de l'ancienne morphologie germanique; mais ceci est sans importance: *la parenté n'implique aucune ressemblance actuelle des langues considérées*; et inversement il y a beaucoup de ressemblances, soit de structure générale, soit de vocabulaire, qui n'impliquent pas parenté.

Dans l'article cité ci-dessus, M. Kroeber insiste sur l'importance qu'il y a à tenir compte du voisinage géographique des langues. Sans doute il arrive le plus souvent que les langues parentes occupent des aires contiguës ou du moins voisines. Mais, une fois mis à part ce fait grossier, il faut reconnaître que la contiguité apporte à la démonstration linguistique de la parenté une gêne plutôt qu'un secours: les langues voisines sont celles qui ont subi les mêmes influences, qui ont emprunté les unes aux autres ou fait les mêmes emprunts à d'autres langues. La continuité des langues oblige donc à faire un départ souvent très délicat entre les emprunts et le vieux fonds de la langue, qui seul prouve en matière de parenté. En revanche, le grand éloignement géographique n'a pas empêché les linguistes de montrer que la langue de Ma-

dagascar représente la même langue ancienne que celles de Bornéo, de Java et des Philippines.

S'il s'agit de langues parentes qui ont cessé d'être très semblables entre elles, une forte ressemblance extérieure entre deux mots est, pour le linguiste, une raison de douter qu'ils représentent un même terme de la langue originelle. Le français *feu* n'a rien de commun avec l'allemand *feuer;* en revanche l'allemand *feuer* remonte à un original que représentent par ailleurs des mots assez différents: grec *pûr,* arménien *hur* et irlandais *ur.* A qui sait que le latin, le germanique, le slave et l'arménien représentent une même langue commune, relativement ancienne, il est facile de montrer quels rapports il y a entre le français *cinq* (représentant le latin *quinque*) et les équivalents *five* de l'anglais, *piat'* du russe, *hing* de l'arménien; mais, au premier abord, ces mots ne se ressemblent guère. Ce n'est pas sur la ressemblance extérieure des mots que se fondent les linguistes pour les rapprocher et en faire l'étymologie, mais sur des formules de correspondances régulières. Ainsi à un *p* du grec ou du slave à l'initiale des mots, répondent *h* en arménien, *f* en germanique, l'absence de toute consonne en celtique. Ces formules une fois établies permettent de reconnaître dans ses grandes lignes l'histoire de la prononciation et d'établir comment les systèmes phonétiques se sont succédé les uns aux autres dans des langues apparentées.

Comme on l'a noté déjà, il n'y a pas lieu pour faire la preuve, d'exiger que toutes les formes grammaticales s'expliquent; il suffit d'établir que des portions notables de la morphologie ancienne subsistent dans la langue considérée. Nulle part il n'est aussi aisé d'établir une parenté de langues qu'entre les langues indo-européennes, parce que la langue commune sur laquelle reposent les idiomes de cette famille comportait une morphologie très compliquée, et que de nombreux restes de ses formes ont subsisté dans chaque langue; ce sont par exemple les verbes irréguliers du grec, les verbes forts du germanique, etc. Partout où l'on rencontre des débris importants du système verbal indo-européen, système que l'on connaît par les plus anciens textes, ceux de l'indo-iranien ancien et du grec ancien, on est sûr d'être en présence d'une langue indo-européenne. La démonstration de parenté est parfaite si l'on peut expliquer par la transformation des mêmes éléments

anciens l'ensemble du système grammatical de deux langues distinctes.

A la longue cependant des langues parentes finissent par différer tant que leur communauté d'origine devient impossible à reconnaître. Si par exemple on n'avait que le français, le bulgare et l'arménien modernes pour représenter le groupe indo-européen, il ne serait pas aisé d'établir la parenté de ces trois langues, et l'on ne pourrait songer à en poser la grammaire comparée. Il suffit d'opérer avec ces mêmes langues, mais considérées sous des formes de quelques centaines d'années plus anciennes, à savoir le latin, le vieux slave des premières traductions et l'arménien classique pour que la parenté devienne évidente et pour qu'on puisse poser les principes essentiels d'une grammaire comparée de ces trois langues. La parenté de deux langues peut donc être, et est souvent, indémontrable, même alors qu'elle est réelle. On n'est jamais en droit d'affirmer que deux langues ne sont pas parentes au moins de loin: une parenté se découvrirait peut-être si l'on avait des formes plus anciennes de ces mêmes langues.

Bien qu'une démonstration complète de parenté de langues soit difficile à fournir, on a établi plusieurs grandes familles linguistiques: la famille indo-européenne qui occupe une aire immense et qu'on suit historiquement depuis près de trois mille ans; la famille sémitique, moins vaste, mais dont les premiers textes écrits sont plus anciens; la famille finno-ougrienne; la famille bantoue; la famillle indonésienne; la famille polynésienne (extraordinairement une); la famille dravidienne; la famille caucasique du Sud; d'autres encore. On voit que le principe ne s'applique pas seulement à l'Europe, ou aux langues indo-européennes, ou aux grandes langues de civilisation: il est universellement valable. Il ne manque pas de cas où le travail n'est pas encore fait, mais déjà l'on entrevoit clairement la possibilité de mettre en évidence certaines autres familles linguistiques définies: il doit y avoir par exemple une famille hamitique dont la grammaire comparée n'est pas encore faite. Il suffit d'un travail méthodique pour aboutir à coup sûr à des résultats certains sur plusieurs domaines.

Mais il y a de graves difficultés.

Tout d'abord une difficulté de fait. Pour beaucoup de langues de peuples non civilisés, on n'a que des vocabulaires, et la grammaire est ou inconnue, ou connue d'une manière

toute partielle. Si, en pareil cas, on observe un très grand nombre de communautés de vocabulaire entre certaines langues, et si ces communautés concernent les mots les moins sujets à emprunt, notamment les verbes qui indiquent les actions usuelles comme *aller* et *venir, boire* et *manger, vivre* et *mourir, entendre* et *voir, dire* et *se taire,* etc., ou des adjectifs comme *vieux* et *neuf, grand* et *petit, long* et *large,* etc., ce serait pur pédantisme que de se refuser à en faire usage. Seulement il ne faut pas se faire illusion sur la rigueur de la preuve ainsi faite, bien que la possession en commun d'un certain fonds de vocabulaire indique le plus souvent une parenté. Là où l'on n'a pas d'autres données, on peut provisoirement, et en faisant les réserves nécessaires, se servir des indications ainsi obtenues. L'observation attentive du vocabulaire conduit du reste presque toujours en pareil cas à relever quelques coïncidences grammaticales qui achèvent la démonstration.

En second lieu, les langues spéciales échappent en partie à la définition qui résulte des considérations présentées cidessus. Elles n'y échappent pas à la lettre; elles la confirment même en un sens: les langues spéciales ne comportent en général ni une prononciation, ni une grammaire propres; l'argot français par exemple est caractérisé uniquement par des mots particuliers. Et ceci montre comment le vocabulaire est indépendant des systèmes phonétique et morphologique qui définissent une langue; l'argot est une langue spéciale à l'intérieur du français. Ceci va parfois très loin; ainsi le tsigane arménien est purement de l'arménien pour la prononciation et la grammaire; mais le vocabulaire n'a rien d'arménien; ceci s'explique par le fait que les Tsiganes d'Arménie, sachant l'arménien, ont employé uniquement le système arménien, mais que, désirant parler une langue spéciale, inintelligible au reste de la population, ils ont gardé leur vocabulaire traditionnel. Si l'on applique à la lettre la définition, le tsigane arménien est purement et simplement de l'arménien; mais il faut convenir qu'on est ici en présence d'un cas tout particulier. Ceci revient à dire que la définition générale des parentés de langues, faite pour des populations de type normal, s'applique mal aux langues spéciales de populations parasites. Toutefois, comme, en ce cas, il n'y a mélange ni au point de vue phonétique ni au point de vue grammatical, le principe est rigoureusement confirmé.

En troisième lieu, il y a des langues qui, étant entourées de langues d'une autre famille et paraissant être des débris isolés d'une famille disparue, ne se laissent pas grouper avec les langues voisines et ne rappellent même aucune langue connue. Leur système grammatical n'offre de concordances précises avec aucun autre idiome, ou du moins n'en signale-t-on pas. C'est le cas du basque par exemple. Un linguiste illustre, un de ces hommes toujours rares dont les connaissances sont larges et qui se soucient plus de ce qui reste à trouver que de ce qui est déjà découvert, M. H. Schuchardt, a été conduit à rechercher si le basque n'offrirait pas avec des langues hamitiques quelques concordances; il y a relevé des mots qui rappellent des mots nubiens, et, d'une manière générale, des mots hamitiques, et a signalé ces concordances dans deux articles récents. Mais ces concordances sont vagues, peu nombreuses. Il n'est pas évident qu'on ne trouverait pas entre le basque et le vocabulaire d'un groupe quelconque de langues des concordances analogues. Dans son *Baskisch und Hamitisch*, pag. 6 (extrait de la « Revue internationale des études basques », VII (1913), M. Schuchardt dit que les jeunes gens dont le coup d'œil n'est pas assez formé sont trop portés à tenir les comparaisons de mots pour fortuites: on en juge tout autrement, dit-il, quand on s'est beaucoup exercé aux comparaisons de mots et qu'on a acquis en cette matière un certain sentiment statistique. Mais on ne peut pas fonder une doctrine sur un sentiment individuel. Et d'ailleurs, même si les ressemblances de vocabulaire signalées ne sont pas fortuites, on n'a aucun moyen de montrer qu'elles ne proviennent pas d'emprunts. Peut-être dira-t-on que, si l'on n'avait de langues indo-européennes que le français actuel et l'arménien moderne, les seules traces de la parenté de ces deux langues qu'on pourrait découvrir seraient des mots, comme le nom de *mère*, en arménien *mer* ou *mar*, suivant les dialectes; ou le nom de nombre *dix*, en arménien *tas* ou *das* suivant les dialectes; et ce sont en effet des *traces* valables pour qui connaît la parenté des deux langues, mais ce ne seraient pas des *preuves* pour qui ne la connaîtrait pas, et en fait la ressemblance frappante de ces mots, effectivement parents, provient d'une série d'accidents fortuits. Au lieu de converger, ces mots auraient pu tout aussi bien diverger comme fr. *père* et arm. *her* ou *har*, fr. *vingt* et arm. *khsan*, qui sont également parents; et la communauté d'ori-

gine serait impossible à reconnaître directement. Si donc on peut d'abord constater des ressemblances de vocabulaire entre deux ou plusieurs langues pour indiquer de quel côté il faut chercher, ce n'est pas de là que peut venir une démonstration définitive; le vocabulaire ne peut servir qu'à orienter la recherche; la preuve se trouve ailleurs.

Enfin, le procédé de démonstration des parentés de langues indiqué ici s'applique bien à des langues dont le type originel a comporté une grammaire compliquée. S'il s'agit de la famille indo-européenne ou de la famille bantoue, il n'y a pas de difficulté; tant qu'on n'a pas à faire à des langues séparées de la période commune par un trop long intervalle de temps ou par des altérations trop profondes, les choses sont même le plus souvent évidentes du premier coup. D'anciennes langues indo-européennes comme le gotique ou le slave ont une grammaire très différente de l'ancienne grammaire indo-européenne; mais il y subsiste assez de restes de cette grammaire, soit parmi les formes régulières, soit surtout parmi les formes anomales pour que le caractère indo-européen de la langue se voie sans exiger une démonstration. Si transformé, si éloigné de l'ancien type indo-européen que soit le « tokharien » récemment découvert en Asie centrale, on l'a du premier coup reconnu pour indo-européen; le nombre des particularités grammaticales indo-européennes conservées y est encore grand. Mais, si l'on est en présence de langues qui n'ont presque pas de grammaire, si presque toute la grammaire proprement dite tient en quelques règles de position relative des mots, comme dans certaines langues d'Extrême-Orient ou du Soudan, le procédé ne s'applique pas. Et alors la question des parentés de langues est pratiquement insoluble, aussi longtemps qu'on n'aura pas trouvé de critères qui permettent d'affirmer que des langues de ce type sont issues les unes des autres et que les ressemblances de vocabulaire qu'elles offrent ne sont pas dues à des emprunts. Il ne résulte pas de là que le principe, applicable ailleurs, devienne mauvais ici, mais seulement que certaines langues ne comportent pas, en l'état présent des connaissances, une classification généalogique. Il appartient aux linguistes qui s'occupent de ces langues d'aviser à tourner la difficulté. La chose n'est pas impossible, pour peu qu'on sache rester fidèle à l'esprit du principe plutôt qu'à sa lettre.

Si même une solution ne se laissait pas trouver, il n'y

aurait pas lieu de critiquer les linguistes à cause de cette impuissance: il est remarquable qu'on puisse en certains cas faire la preuve de la parenté de langues par des faits d'ordre purement linguistique; mais il n'est pas surprenant que cette preuve ne soit pas toujours possible; il est naturel qu'elle s'applique seulement aux cas où les faits envisagés ne sont pas séparés du début de l'époque proprement historique par un trop long espace de temps. De par sa nature, la classification généalogique des langues admet d'être incomplète. Elle se complètera au fur et à mesure qu'on acquerra des données sur l'histoire des langues.

C'est dire que le problème de l'unité d'origine des langues qui préoccupe certains linguistes ne saurait se discuter actuellement. Les problèmes qui peuvent être utilement posés à cet égard sont ceux qui sont relatifs à la constitution exacte de familles qu'on entrevoit, mais qu'on n'a pas étudiées avec précision. Les familles qu'on a constituées jusqu'ici sont celles qui apparaissent aisément ou celles qui renferment des langues de civilisation importantes. Le travail qui reste à faire est plus décourageant, car il s'agit en partie de langues où les relations de parenté sont malaisées à établir, en partie de langues sauvages peu connues et que presque personne n'a d'intérêt pratique à étudier. Il a été aisé d'établir la parenté de langues dont on avait de bonnes grammaires et dont la philologie était faite; on est maintenant devant des langues dont il faut faire la grammaire et dont la plupart, faute de textes anciens, ne comportent aucune philologie. Il y a donc un grand travail d'observation à faire. Si des résultats plus nombreux ne sont pas acquis, cela tient avant tout au petit nombre ou à l'absence de savants qualifiés capables de faire ce travail. Pour compléter rapidement la classification généalogique des langues, il suffirait de former quelques équipes de linguistes. Un seul bon travailleur peut suffire à poser une grammaire comparée là où l'on a de bonnes descriptions; c'est ainsi que M. Brandstetter constitue actuellement la grammaire comparée des langues indonésiennes.

Il n'y a pas de raison de croire que certaines langues communes d'où sortent les grandes familles établies ne sont pas, à leur tour, des transformations d'une même langue plus ancienne. On peut imaginer, par exemple, que l'indo-européen, le sémitique (qui est apparenté au hamitique), le

caucasique du Sud et le finno-ougrien sortiraient d'une même langue plus ancienne: il a déjà été signalé des concordances entre l'indo-européen et le sémitique, entre l'indo-européen et le finno-ougrien, entre le caucasique du Sud et le sémitique. Mais beaucoup de ces concordances ne concernent que le vocabulaire et ne sauraient passer pour probantes: celles qui concernent la grammaire sont peu nettes et peu nombreuses. La preuve n'est pas faite; elle ne pourrait du reste être acquise que le jour où la grammaire comparée du sémitique et du hamitique sera constituée, ainsi que celle du caucasique du Sud dont il ne faut peut-être pas séparer les langues caucasiques du Nord, lesquelles sont très variées; il faudrait tenir compte des langues d'Asie Mineure, du lycien qu'on ne comprend pas, du hittite qu'on n'a pas encore déchiffré, ou de langues plus lointaines comme l'élamite. Il se pose là de grands problèmes, dont la solution n'est pas désespérée. Mais on a souvent eu le tort, dans les derniers temps, de vouloir les résoudre avant d'avoir fait les travaux préparatoires nécessaires. Tant que la grammaire comparée du hamitique et celle du caucasique seront à peine esquissées, tant que, par suite, la position exacte du sémitique sera inconnue, il sera prématuré de vouloir relier le sémitique à l'indo-européen.

Mais les meilleurs linguistes feront œuvre vaine s'ils s'attaquent directement à des langues trop différentes; on pourra peut-être rapprocher un jour les grammaires comparées de l'indo-européen, du sémitique, du hamitique, du caucasique, du finno-ougrien; il y a là une hypothèse qu'on pourra essayer de vérifier quand les travaux préparatoires suffisants seront faits. Mais il serait vain de vouloir comparer aujourd'hui le latin, l'hébreu et le géorgien. Tout essai de ce genre est une faute évidente contre la méthode.

La classification généalogique des langues est, on le voit, chose différente des classifications biologiques. Les biologistes rapprochent des êtres qui ont des structures anatomiques analogues et où au moins le commencement du développement de chaque individu depuis la cellule initiale est comparable, donc des êtres qui, dans leur développement individuel, offrent *actuellement* des caractères communs, alors même que, à l'état adulte, leur aspect extérieur et les fonctions remplies par certains de leurs organes diffèrent le plus. Il est possible, et l'on admet en général, que les êtres qui sont ainsi rangés

dans une même classe sortent d'un même ancêtre ou d'ancêtres exactement semblables; mais cette hypothèse, qui explique les ressemblances constatées, n'est pas le principe de la classification, bien que les biologistes tendent de plus en plus à tenir compte de la façon dont ont évolué les êtres qu'ils étudient et qu'ils classent. Pour le linguiste au contraire, seul le fait historique de la continuité entre une langue ancienne et des langues postérieures entre en considération. En l'état présent des choses, l'anglais et le russe sont deux langues de type absolument distinct, et c'est à peine si l'on y peut discerner quelques éléments de vocabulaire semblables; cela n'empêche pas que ce soient deux langues indo-européennes; la preuve résulte de ce que l'anglais moderne continue le vieil anglais, et le russe moderne, le vieux russe; or, le rapprochement du vieil anglais et du vieux russe est démontrable directement, et surtout il est facile de prouver que le groupe germanique dont l'anglais fait partie et le groupe slave dont le russe est l'un des représentants sont tous deux des formes prises par la langue indo-européenne commune. Tant que deux langues de même famille subsistent, leur appartenance à cette famille ne saurait subir un changement, quelles que soient les transformations subies, et même si les altérations intervenues ne laissent subsister aucune trace de la commune origine des deux idiomes.

La détermination de la famille à laquelle appartient une langue est une donnée indispensable à fixer pour faire l'histoire de cette langue. Mais, cette donnée une fois acquise, il reste à déterminer tout le détail des changements intervenus et à reconnaître les influences subies. Ces changements et ces influences sont souvent pour beaucoup plus que la langue initiale dans le résultat final. La notion de parenté de langues est chose précise; mais elle n'est que l'une des données avec lesquelles opère l'historien du langage.

Paris, Collège de France.

A. MEILLET

ECONOMIA E POLITICA

La concezione economica della storia sorse nell'epoca delle grandi invenzioni tecniche, le quali rivoluzionarono i mezzi di produzione e dischiusero quella nuova e possente êra sociale, che noi conosciamo col nome di epoca delle macchine oppure anche, sebbene i due concetti non coincidano affatto, di epoca del capitalismo. Fu un economista italiano del principio del sec. XIX, che, patriotta e fuggiasco politico, aveva trascorso la sua vita in Inghilterra, Giuseppe Pecchio, che in un piccolo scritto, da lui più tardi pubblicato in appendice ad un interessante volumetto sulla storia delle finanze e dell'economia nel regno d'Italia (1802-1804) e intitolato: *Dissertazione sino a qual punto le produzioni scientifiche e letterarie seguano le leggi economiche delle produzioni in generale,* sostenne che in particolare la produzione spirituale non dipenda dalla forma dello Stato, ma unicamente, tanto per quantità che per qualità, dalle leggi dell'offerta e della domanda.[1] Nella storiografia stessa il riferimento sistematico della politica all'economia è stato intrapreso per la prima volta in modo felice e conseguente da uno storico tedesco, Carl Wilhelm Nitzsch, nella sua *Storia dei Gracchi* del 1847.[2]

È, però, merito incontestabile di Marx e di Engels l'avere per i primi non solo eretto a sistema la parte speciale che le

[1] GIUSEPPE PECCHIO, *Saggio storico sulla amministrazione finanziera dell'Ex-Regno d'Italia*, ed. a Torino 1852, p. 133; cfr. anche PAOLO ORANO, *Il precursore italiano di Carlo Marx*, Voghera, Roma, 1899.

[2] V. C. JASTROW, *Carl Wilhelm Nitzsch und die deutsche Wirtschaftsgeschichte*, nel « Jahrbuch für Gesetzgebung, Verwaltung etc. », Ann. VIII (1881), pp. 873-897.

forze produttive hanno fra i fattori della storia, ma anche di avere ad esse assegnato, con la creazione di una nuova filosofia della storia, il posto che loro spettava; ciò fecero dapprima in una forma rigida e non sempre sostenibile, secondo la quale tutti i fenomeni, in qualunque campo dell'attività umana si presentino, andrebbero intesi come conseguenze dirette dell'economia, come « soprastruttura » di una sottostruttura di indole necessariamente economica; più tardi in una concezione essenzialmente diversa, con la quale si afferma, come risulta dalle lettere di Engels del 1890 e del 1894, che le forme del diritto, le teorie politiche, giuridiche, filosofiche, le concezioni religiose o i dogmi esercitano sul corso della storia forti influenze e in molti casi hanno persino un'azione preponderante nel determinarne la forma. « Havvi pertanto innumerevoli forze, le quali s'incrociano reciprocamente, una serie infinita di parallelogrammi delle forze, da cui scaturisce una risultante, l'accadimento storico ». E più tardi, in una lettera del 1895: « L'evoluzione politica, quella giuridica, filosofica, letteraria, religiosa e così via poggiano su quella economica. Ma esse tutte reagiscono fra loro e sulla base economica ».[1]

Un'osservazione preliminare: il gruppo sociale soggiace in alto grado al movente economico, benchè sia lontano dall'obbedirgli in modo assoluto, non foss'altro perchè spesso gli manca la conoscenza della necessità ed utilità economica ed esso perciò, mentre crede di agire all'unisono col proprio stimolo economico, batte un cammino opposto a quello dell'interesse suo. Il singolo, per contro, sia che si lasci trasportare dal fanatismo, sia che possegga forti doti di carattere, può pressochè interamente sciogliersi dal vincolo del proprio tornaconto e, cioè, seguire tanto nella vita sua personale che in quella politica una condotta, che è in insanabil contraddizione con i suoi interessi economici. Nel movimento del socialismo si sono avuti, soprattutto agli esordi ed in certi paesi, come la Russia e l'Italia, ma però anche la Francia, dei periodi, in cui i lavoratori furono guidati da entusiasti ed idealisti appartenenti alle classi superiori, che non rifuggivano da alcun sacrifizio, purchè se ne ripromettessero del successo per la causa, cui si erano consacrati; da uomini quali il principe

[1] Eduard Bernstein, *Die Voraussetzungen des Sozialismus und die Aufgaben der Sozialdemokratie*, Dietz, Stuttgart, 1904, p. 7.

Krapotkin ed il marchese Carlo Cafiero, grandi proprietari, i quali rinunciarono al loro patrimonio o fino all'ultimo spicciolo lo spesero per gli scopi del loro ideale, accontentandosi per sè stessi di condurre vita più che modesta e quasi meschina. In linea generale dovrebbe, dunque, prescindersi, nell'esame della questione che qui ci interessa, dal fattore individuale.

La costituzione politica e la stessa vita politica di una nazione sono di regola ben lontane dall'essere l'esponente adeguato della forma predominante di vita economica, che noi vi riscontriamo. L'esempio più persuasivo ci è dato dalla sorprendente antinomia, che domina la vita della Germania moderna. La Germania moderna infatti, che, economicamente considerata, ci appare come un paese in gran prevalenza industriale-capitalistico — il numero dei suoi abitanti impiegati nell'industria e nel commercio non solo è considerevolmente maggiore della percentuale occupata nell'agricoltura, ma questo rapporto si altera ancora ogni anno in senso sempre più favorevole alla parte industriale della popolazione — e come un paese che, per molti rispetti, non teme il confronto con gli Stati più tipicamente industriali-capitalistici del mondo, Inghilterra, Belgio ed America, questa Germania, dico, porta ancora, per tutto ciò che concerne la forma di governo, lo spirito politico, gli usi e i costumi del popolo, un'impronta in alto grado feudale-aristocratica. Al *contenuto* spiccatamente industriale-capitalistico corrisponde qui, dunque, una *forma* precapitalistica.[1] In Prussia la cosidetta « classe politica » è tuttora costituita di *junker* e di funzionari governativi. Persino ai figli dei più grandi signori dell'industria restano chiusi ed inaccessibili i reggimenti e gli uffici ritenuti più aristocratici. Altro sintomo del fenomeno da noi indicato è che la situazione giuridica dei lavoratori agricoli si distingue in punti essenziali — e precisamente a loro svantaggio — dalla situazione giuridica degli operai industriali. In altri termini: i proprietarî fondiarî respinti, economicamente, in seconda linea, si sono mostrati più capaci di resistenza politica contro l'assalto del movimento operaio e contro la sua influenza sullo Stato, che non i « bourgeois », economicamente più forti, delle città. Giustamente

[1] Queste connessioni sono state da me approfondite nel mio volume: *La sociologia del partito politico nella democrazia moderna*, Unione Tipogr. Edit. Torinese, Torino 1912, p. 248 segg.

osserva, quindi, un colto marxista ungherese, Ervin Szabò, che la medesima base economica produce nei varî paesi, secondo i rapporti di forza ivi esistenti, in dipendenza delle fondamenta economiche del passato e delle vecchie tradizioni, strutture sociali assai diverse l'una dall'altra.[1]

Osservazioni consimili a quelle concernenti le relazioni fra economia e preponderanza di date classi nella vita politica si possono fare in quasi tutti gli altri campi. Così pure, malgrado che siasi voluto, non sempre senza successo, presentare il protestantesimo come la confessione dei ricchi, nel campo della religione, Max Weber ha ragione quando pone in guardia contro il tentativo di abbassare i movimenti religiosi al livello di semplici riflessi o conseguenze di processi economici. Molto opportunamente egli ha fatto osservare, che lo scisma religioso del XVI secolo avrebbe attraversato le collettività popolari da esso osservate in senso verticale guadagnandone non qualche strato particolare a preferenza di altri, ma singoli individui appartenenti agli strati più diversi; e che solo più tardi, in parte certo per motivi d'ordine economico, si sarebbe qua e là compiuta una scissione sul terreno confessionale corrispondente alla differenziazione di classe.[2] Anche nel diritto costituzionale non può senz'altro dimostrarsi con validi argomenti storici che una data forma di dominio sia necessaria soprastruttura di determinati rapporti economici e di produzione. Il dispotismo, ad esempio, noi lo troviamo in fiore nella tirannide di molte città della Magna Grecia, nell'Impero Romano, in molti Stati feudali del Medio Evo, nell'Impero Francese e presso il popolo pastorale dei Cafri, e quindi sulle basi economiche più svariate.[3] La genesi degli Stati non va mai ricondotta a sole necessità economiche; spesso, anzi, sta con esse in assoluto contrasto. Esempi del primo caso: al movimento, che portò all'unità tedesca e al movimento parallelo che addusse all'unità d'Italia, hanno certo contribuito in alto grado, parte consapevolmente, parte inconsapevolmente, dei desiderî economici, in ispecie il desiderio di una più vasta sfera doganale, necessaria per lo sviluppo di un

[1] ERVIN SZABÒ, *Politique et syndicats*, « Mouvement Socialiste », Anno XI, p. 111.

[2] Nel 1º Congresso sociologico tedesco di Francoforte, Ottobre 1910, secondo la « Frankf. Ztg. », N. 292, p. 2.

[3] Cfr. ADOLFO ASTURARO, *Il materialismo storico e la sociologia generale*, Libreria Moderna, Genova 1904, p. 293.

grande commercio e di un'industria potente o, piuttosto, il bisogno di infrangere tutte le barriere frapposte dai piccoli staterelli al libero espandersi della concorrenza.[1] Nessuno storico serio, però, a qualunque partito appartenga, potrà negare che abbiano nel modo più rigoroso cooperato al sorgere dei due regni il sentimento patriottico, scaturito dal fondamento linguistico e l'azione, non connessa che assai vagamente a motivi economici, del principio di nazionalità. Nella separazione del Belgio dall'Olanda nel 1830 la forza motrice economica fu in particolar modo evidente. Tuttavia, essa non sarebbe forse da sola stata sufficiente, se non le fosse venuta in aiuto la circostanza che la borghesia francese o francesizzata delle provincie belghe, mercè il contatto linguistico o personale con la vicina Francia, erasi assimilata una parte dei principî liberali della rivoluzione francese e dell'êra napoleonica, mentre l'Olanda, vivacchiante nell'isolamento, era ancora in gran prevalenza schiava delle correnti conservatrici, cosicchè sussisteva fra i due popoli, oltre al contrasto economico, un altro contrasto d'indole mentale, e non generato dall'economia. Esempii per il secondo caso: è fra le nozioni più elementari dell'indagine storica questa che, specialmente dal XIV secolo fino al principio del XIX, la formazione degli Stati si compiè in perfetta indipendenza dalle condizioni economiche dei paesi, in base a rapporti dinastici. L'Austria, considerata dal punto di vista economico, non ha mai avuto una ragion d'essere; la Spagna, costituita dalla Catalogna e dalle Castiglie, saldate assieme da un matrimonio regale, costituisce una espressione bensì geografica, ma così poco economica, che i più intelligenti fra i Catalani (i cosidetti separatisti) perseguivano già fin dal secolo XVII una netta scissione del loro paese dalle regioni occidentali, ad essi profondamente straniere, della penisola pirenaica.

L'attuazione, per contro, di vaste misure politiche può, secondo i casi, potentemente favorire l'economia o rovinarla dalle fondamenta. Dal punto di vista della storia dell'economia è lecito ricollegare strettamente la decadenza economica della Spagna alla cacciata degli Ebrei di questo paese e il quasi contemporaneo inizio del rigoglio dell'Olanda settentrionale, e specialmente di Amsterdam, al fatto che la

[1] Si leggano, per l'Italia, gli interessanti schizzi di GIUSEPPE PREZZOLINI, *Fattori economici nel Risorgimento italiano*, nella «Voce», Anno III, n. 1.

maggior parte di quegli Ebrei emigrò precisamente in tali regioni (1492, 1609-11). Lo sviluppo di Amsterdam data, invero, oltrechè dalla rovina di Anversa per opera degli Spagnuoli e dall'immigrazione dei Fiamminghi (1579-1586), dall'affluire di 5000 Ebrei dalla penisola Iberica. Parimenti la revoca dell'editto di Nantes o, come si vuole, di Nîmes da parte di Luigi XIV nell'anno 1685 e l'emigrazione, che nei tre anni successivi le tenne dietro, di oltre cinquantamila famiglie — si è più tardi voluto calcolare l'esodo a quattrocentomila persone e anche più — impoverì la Francia nella stessa misura in cui avvantaggiò sotto l'aspetto commerciale e industriale, eccettuata la Spagna, i paesi confinanti. Voltaire dice assai giustamente di questi *réfugiés* che essi « allèrent porter chez les étrangers les arts, les manufactures, la richesse. Presque tout le Nord de l'Allemagne, pays encore agreste et dénué d'industrie, reçut une nouvelle face de ces multitudes transplantées. Elles peuplèrent des villes entières. Les étoffes, les galons, les chapeaux, les bas, qu'on achetait auparavant de la France, furent fabriqués par eux. Un faubourg entier de Londres fut peuplé d'ouvriers français en soie; d'autres y portèrent l'art de donner la perfection aux cristaux qui fut alors perdue en France ».[1]

Entrambi i casi da noi qui addotti, quello degli Ebrei spagnuoli come quello degli Ugonotti francesi, sono casi tipici di avvenimenti storici di somma importanza, i quali, pur scaturendo da fonte politica, hanno tratto con sè profondi rivolgimenti nel campo economico. Quindi: soprastruttura economica su base psicologico-ideologica, anzi spiccatamente religiosa. L'intolleranza religiosa fu causa occasionale che la parte industrialmente o commercialmente più utile di date popolazioni abbandonasse il paese e trasferisse la sua attività, la sua operosità altrove. Nella Francia borbonica gli abitanti delle provincie più sviluppate industrialmente, soprattutto del mezzogiorno; nella Spagna degli Absburgo gli Ebrei e i discendenti degli Ebrei (Marrani), cioè gli appartenenti ad una razza che, per dirla col Sombart, può riguardarsi come « l'incarnazione dello spirito capitalistico-mercantile »[2] e che nelle peregrinazioni, a cui fu costretta nella storia, dovunque apparve, purchè le si

[1] VOLTAIRE, *Siècle de Louis XIV*, Diderot, edit. Parigi, 1864, p. 419.
[2] Cfr. fra altri WERNER SOMBART, *Der moderne Kapitalismus*, Leipzig, 1902, Vol. II, p. 349, anche vol. I, p. 266 segg.

consentisse una qualche libertà di movimento, fece fiorire i commerci ed i traffici e, inversamente, dovunque la si scacciò, lasciò dietro di sè il ristagno o la decadenza economica.[1] È chiaro che, senza questi fenomeni *politici,* non si sarebbe verificato o solo molto più tardi e più lentamente lo sviluppo economico, qua della Germania protestante, là dell'Olanda. L'eziologia del trapiantarsi della industria da un paese in un altro per via di forti migrazioni, provocate oppressioni politiche, non ci rivela affatto nei casi come quelli accennati, un'occulta forza impulsiva di natura economica. A scienza mia, non vi è ancora stato nemmeno ai dì nostri nessun partigiano, per quanto fanatico, del materialismo storico, che abbia osato tentar l'impresa di inserire l'emigrazione ebraica dalla Spagna o l'esodo degli Ugonotti dalla Francia come anelli nella catena dei fenomeni storici, considerati materialisticamente, nel senso marxista della parola. Allo stato attuale dell'indagine storica, ci troviamo, quindi, in entrambi i casi, in presenza del fatto che sono in economia possibili delle metamorfosi determinate da motivi politico-religiosi. In linea di principio non è certo da trascurarsi la questione se il provvedimento politico, che provocò delle trasformazioni economiche, non sia stato, in fondo, determinato a sua volta da cause economiche. Ma la risposta a questa domanda non riuscirà sempre affermativa.

Questa tesi potrebbe da noi essere illustrata in parecchi volumi abbondanti di prove tratte dalla vita storica di tutti i tempi e di tutti i popoli. Ci sia solo concesso di desumere, dalla congerie di materiale probatorio, che è a nostra disposizione, almeno un altro esempio ancora.

Il blocco continentale, malgrado la sua breve durata e la sua imperfetta esecuzione, esercitò sul commercio e sull'industria del continente, come dell'Inghilterra stessa, un'azione

[1] Che gli stessi Ebrei, malgrado tutte le loro forzate emigrazioni, abbiano finito per trovarci il loro tornaconto, è evidente. Nella prima metà del sec. XVII gli Ebrei erano venuti ad Amsterdam dal Portogallo e dalla Germania in parte poveri, in gran parte impoveriti. Già nel 1672, quando il generale francese Principe di Condé stava sul territorio olandese, essi poterono, senza necessità (giacchè i Francesi non erano ancora entrati che nella Betuwe), offrire 2 milioni di fiorini per sfuggire ad un eventuale saccheggio durante la ipotetica conquista di Amsterdam (v. *Mémoires de Monsieur de Gourville concernant les affaires auxquelles il a été employé par la cour depuis 1642 jusqu'en 1698*, Paris, 1724, tom. II, p. 159).

addirittura rivoluzionaria. Esso buttò all'aria tutti i vecchi rapporti fra importazione ed esportazione, altri ne sostituì in lor vece e, infine, diede vita d'un colpo a nuovi rami d'industria. Nell'Italia, che nel secolo XVIII era stata inondata dall'Inghilterra di stoviglie, sorsero dappertutto, dopo il divieto del Re d'importare quest'articolo, delle fabbriche nazionali di stoviglie: così a Como, Milano, Treviso, Pavia, Vicenza e Bologna. D'altro lato cadde in rovina l'industria delle stoffe di crespo e dei veli crespi, che fioriva soprattutto a Bologna e la cui importanza poggiava specialmente sulla forte esportazione in Inghilterra, mentre gli Inglesi supplirono alla cessata importazione bolognese di questa merce, dovuta al blocco continentale, col creare proprie fabbriche per la produzione dei veli. L'influsso del blocco continentale sulla struttura dell'industria e del commercio in Italia può compendiarsi colle parole del già mentovato economista contemporaneo Giuseppe Pecchio, che tutte le industrie, che dipendevano dal mercato interno, ebbero a registrare uno slancio non comune, mentre invece quelle industrie, che lavoravano per l'esportazione, miseramente decaddero.[1] Non altrimenti accadde in altre parti del continente europeo, come ad esempio nei Paesi Renani. Il commercio, specie il commercio di transito — e particolarmente quello delle derrate coloniali provenienti dalle colonie inglesi — regredì enormemente. Nemmeno il contrabbando, esercitato su scala abbastanza larga, cui, all'occasione, partecipavano gli stessi patrizi di Colonia, potè alla lunga portare a tale stato di cose alcun mutamento; l'energia napoleonica ricorse infine al mezzo violento di incendiare tutte le merci inglesi trovate sul continente. D'altro canto, sorsero sulla riva sinistra del Reno, sotto la premurosa protezione del governo francese, nuovi importantissimi rami d'industria; così, ad esempio, per sostituire lo zucchero di canna, delle potenti fabbriche di zucchero di barbabietola[2] — come, in generale, l'industria dello zucchero oggi fiorente sul continente deve ovunque la sua origine alle misure politiche prese dall'Impero nella lotta contro l'Inghilterra; così pure delle importanti filature di lino e di tela che dovevano rendere su-

[1] GIUSEPPE PECCHIO, *Saggio storico sulla amministrazione finanziera dell'Ex-Regno d'Italia dal 1802 al 1814*, loc. cit., pp. 118-119.

[2] MATHIEU SCHWANN, *Geschichte der Kölner Handelskammer*, Neubner, Köln, Rh., 1906, p. 289.

perflue le stoffe di cotone inglesi [1] — a Colonia soltanto devono essere esistite nel 1813 non meno di 23 manifatture di cotone; [2] inoltre, come del resto in Italia, delle fabbriche di maioliche. La dominazione francese aveva trovato in Colonia una città commerciale in decadenza; la politica napoleonica fece sì che in quindici anni essa si trasformasse in prosperosa città industriale.

Non solo il sistema doganale, ma anche la fortuna delle battaglie può, secondo i casi, creare o del tutto annientare delle industrie intere. Il passaggio di provincie da uno Stato ad un altro significa spesso un completo rivolgimento dei rapporti industriali e commerciali in esse vigenti. Cotesto rivolgimento si spiega col mutamento del mercato di vendita, provocata a sua volta da quello spostamento dei confini doganali, che accompagna ogni cambiamento di dominio. Ciò appare chiaro, ad esempio, se si considerino le conseguenze politico-commerciali della separazione della riva sinistra del Reno dalla Francia, avvenuta nel 1815. Essa significò, per i Renani, anzitutto la perdita del mercato francese, l'immediato scoppio di una nuova guerra doganale con gli Olandesi, che con i loro dazî paralizzarono quasi completamente la navigazione interna, tanto che gli abitanti di Colonia dovettero nell'anno 1822 buttare in mare, prima che entrasse nelle acque olandesi, un carico di 300 tonnellate di aringhe, che essi avevano fatto venire dalla Svezia, perchè il diritto di transito, con cui gli Olandesi pretendevano colpirlo, era così alto che a Colonia i pesci non si sarebbero potuti più vendere. [3] Ma ciò che agì più perniciosamente fu la soppressione, in seguito all'annessione dei Paesi Renani da parte della Prussia, dei dazî proibitivi francesi, stabiliti a difesa della giovane industria locale. Come una piena devastatrice, irruppe su di essa, con l'instaurazione del *free trade,* la concorrenza inglese e in breve tempo assestò alla nuova fabbricazione del cotone e perfino alla produzione dello zucchero in quel di Colonia un colpo mortale. Similmente accadde per l'industria serica. [4] Solo avvenimenti posteriori, segnatamente la congiunzione diretta di Colonia col mare mercè la costruzione del tronco ferroviario da Colonia a An-

[1] *Idem,* p. 289.
[2] *Idem,* p. 315.
[3] *Idem,* p. 401.
[4] *Idem,* p. 393.

versa, che rese finalmente la prima di queste due città indipendente dal trasporto fluviale sul Reno e dai proprietarî olandesi della foce, sollevarono il commercio e l'industria ad un rinomato, anzi inaudito rigoglio. Ma neppure allora una parte dei rami d'industria creati da Napoleone non risorse a novella vita. Un altro esempio del caso frequente, che un paese sia gettato in gravi crisi economiche passando dal dominio di uno Stato in quello di un altro in conseguenza di avvenimenti politici, ci è offerto dalla storia dell'Alsazia-Lorena prima e dopo il 1870. In seguito alla conquista ed occupazione tedesca, l'industria tessile alsaziana perdette il mercato francese e solo sostenendo le più ardue lotte potè trovare un equivalente nell'Impero. Questa sostituzione inoltre non si compiè senza lasciar traccie profonde nella compagine dell'economia alsaziana producendo nelle industrie del paese importanti mutamenti. Così l'industria cotoniera alsaziana ha subìto, nel suo complesso, dopo l'annessione una diminuzione, mentre l'industria della lana si è, dopo una breve sosta, splendidamente sviluppata.

Certi storici dell'economia, specialmente, curioso a dirsi, in Inghilterra, hanno spinto il riconoscimento delle forze politiche e ideologiche, che talvolta contrastano con decisiva efficacia all'economia, sino a considerare in generale la storia economica come un'appendice della storia politica e, invertendo la tesi di Marx, a dichiararsi seguaci di una concezione storica, giusta la quale la prima non apparrebbe che come una soprastruttura della seconda. A sentire W. Cunningham, ad esempio, tutta la storia del commercio e dell'industria della Gran Bretagna sarebbe determinata dalle vicende della storia politica, quali gli atti di Edoardo III, la crudeltà del Duca d'Alba contro gli Olandesi, il carattere degli Stuart e via dicendo. Egli dichiara letteralmente che la politica dell'Inghilterra non è stata mai un efflusso diretto dell'economia di questo paese, mentre potrebbe invece benissimo dirsi che la vita economica dell'Inghilterra è stata direttamente ed ininterrottamente influenzata dagli avvenimenti politici. La forma delle istituzioni industriali non andrebbe, sostanzialmente, intesa che come conseguenza della politica.[1] Questa concezione è però altrettanto unilaterale quanto quella che considera la

[1] W. Cunningham, *The Growth of English Industry and Commerce in modern Times*, Cambridge, 1905, p. 9.

storia dell'umanità unicamente come una storia di mandatari di supposte leggi fondamentali economiche.[1] In realtà nessuno dei fattori, che determinano il divenire storico, ha influenza esclusiva. L'assetto definitivo delle cose risulta dall'azione di molte forze di diversa natura. La difficoltà del compito del filosofo della storia sta nell'esaminare eziologicamente il caso singolo, di cui intraprende l'indagine, cioè nello scomporne la causa determinante nei suoi coefficienti, stabilendo di questi la moltiplicità e analizzandone i rapporti.

Egli dovrà allora nella maggior parte dei casi constatare che di rado è successo che una guerra scoppiasse senza serî moventi economici; nemmeno le così dette guerre di gabinetto, guerre d'invasione e guerre per capriccio. Così il famoso attacco di Luigi XIV di Francia contro l'Olanda è stato per lunghissimo tempo citato come tipico esempio di un avvenimento storico, che dovrebbe spiegarsi solo col « Tel est mon bon plaisir » di un monarca orgoglioso oltre ogni immaginazione. Infatti, e per un bel poco ci si accontentò di cercarne la causa esplicativa nella pretesa stizza del Borbone per essere stato vilipeso dai *gazetiers* degli Stati Generali nelle loro gazzette;[2] ma oggi noi sappiamo che quella guerra era sorta, oltrechè dal desiderio di annettere i Paesi Bassi spagnuoli al dominio della monarchia francese, dall'opinione, dominante nelle sfere industriali del regno, che fosse necessario por fine vittoriosa, coll'annientamento del commercio olandese, alla lotta di tariffe che infuriava tra l'Olanda e la sua concorrente francese.[3] D'altra parte, però, noi vediamo che nelle guerre moderne, in cui più visibilmente agiscono i motivi economici, opera sempre anche una serie di altri fattori; quasi sempre, ad esempio, concorre al loro sorgere, accanto agli impulsi di natura economica, la destata coscienza nazionale delle masse moderne; così accadde perfino nella tipica guerra scoppiata

[1] Cfr. ARTURO LABRIOLA, *Il capitalismo*, Bocca, Torino, 1910, p. 12.

[2] « Il pousse le mépris des hommes jusqu'à faire la guerre pour une médaille », così, tipicamente, si esprime nella sua, del resto, così lucida trattazione PIERRE-EDOUARD LÉMONTEY: *Essai sur l'établissement monarchique de Louis XIV*, Déterville, Paris, 1818, p. 376.

[3] Un ministro di Luigi XIV, il segretario di Stato Marquis de Lyonne chiese nel 1670 ad uno dei suoi uomini di fiducia: « Qu'imaginez-vous qu'on pourrait faire pour ôter le commerce aux Hollandais? » Questi rispose pronto: « Il n'y a point d'autre moyen pour cela que de prendre la Hollande ». Il principe di Condé, presente a questo discorso, confessò di essere dello stesso avviso (Cfr. *Mémoires de Gourville*, loc. cit., II, p. 63).

per macchinazioni di borsa per la conquista dei campi di diamanti, combattuta dagli Inglesi nel Transvaal, la quale, nell'odio secolare degli Olandesi, da lungo tempo stabiliti nel paese, contro i *parvenus* inglesi e, in generale, nella lotta fra due popoli diversi, per quanto entrambi appartenenti alla così detta stirpe germanica per la supremazia nel Sud-Africa, ebbe una seconda causa, assolutamente pari per importanza a quella puramente economica.

Si può, dunque, complessivamente riassumere il metodo delle indagini storiche e storico-economiche in questo monito, che dovrebbe accompagnare ogni scienziato nel suo cammino: Guai a colui che in ogni singolo caso non si propone, astraendo da tutte le motivazioni ideologiche, a ricercare la questione delle radici economiche del fenomeno da analizzare. Ma guai altresì a chi non sia ben consapevole che quasi ogni manifestazione, che si verifichi sul terreno dell'attività collettiva, possiede anche altri coefficienti che la determinano. Per modo che l'analisi si riduce in definitiva a stabilire la misura diversa di partecipazione di elementi qualitativi *a priori* già noti, quali il fattore economico, la razza, la tradizione e simili.

Torino, Università.

ROBERTO MICHELS

NOTA CRITICA - NOTE CRITIQUE
KRITISCHE NOTIZ - CRITICAL NOTE

LES PRÉCURSEURS DE GALILEO

L'étude des précurseurs de Galileo peut être entreprise, en se plaçant à des points de vue divers et d'une importance inégale.

Galileo eut à lutter toute sa vie durant pour la précédence, à propos de différentes découvertes. La découverte des planètes médicéennes lui attira une âpre querelle avec Marius (Simon Mayr); celle des taches solaires lui en valut une autre avec Johann Fabricius et avec Christoph Scheiner; l'invention du thermomètre fut âprement débattue entre Galileo et Santorio (et Drebbel), celle du télescope entre Galileo et plusieurs opticiens hollandais. Mais une pareille question n'est pas bien intéressante. Peu importe, en effet, de savoir si Galileo a construit son télescope d'une façon indépendante et, le tournant vers le ciel, a été le premier à voir les satellites de Jupiter; ou si la priorité de l'invention du thermomètre et celle de la découverte des taches solaires doivent au contraire, comme il semble, être attribuées, la première à Santorio, la dernière à Johann Fabricius. Ces découvertes, ces constructions étaient déjà inhérentes à l'esprit du temps, et si ce n'est l'un, c'est un autre qui n'aurait pas tardé à y rattacher son nom. Et ce sont pourtant les questions de ce genre qui, précisément parce qu'elles sont influencées d'une façon spéciale par l'orgueil nationaliste, ont été examinées et étudiées de préférence par beaucoup d'historiens de la science. Nous ne voulons pas dire par là qu'elles ne doivent réellement pas trouver place dans l'histoire de la science, mais le fait de s'en préoccuper excessivement ou même exclusivement montre combien restreint est encore le point de vue des savants qui recherchent dans la science le petit fait et le commérage, plutôt que l'évolution des idées générales et des méthodes, l'introduction

de pensées nouvelles et l'adaptation des anciennes à l'amplification et au perfectionnement des conceptions particulières.[1]

En ce qui concerne les précurseurs de Galileo, voici, en revanche, l'ensemble de questions qui présente une grande importance pour l'examen de l'histoire de la pensée scientifique:

Dans quelle mesure Galileo a-t-il utilisé, pour son œuvre, les travaux des savants qui l'ont précédé? Et, avant tout, la méthode établie par lui est-elle entièrement nouvelle ou se trouve-t-elle en germe ou déjà développée chez d'autres savants?

Les idées, les systèmes, les résultats de Galileo présentent-elles une opposition tranchée avec les théories des prédécesseurs ou peuvent-ils être déduits de ceux-ci par filiation directe?

Les méthodes et systèmes scientifiques antérieurs à Galileo, dans la mesure où ils diffèrent de ceux établis par le grand Pisan, étaient-ils préjudiciables à la science? Ou bien leur disparition ou diminution, tout en ayant été avantageuse sous certains rapports, n'a-t-elle pas causé à la science des préjudices sensibles? Et, dans l'affirmative, de quel genre sont ceux-ci?

Le problème, dans toute son expansion, est excessivement vaste et ne pourra être résolu d'une façon satisfaisante qu'à la suite de plusieurs années de travail intense accompli par un groupe non négligeable de savants examinant leur sujet de manières différentes et mêmes opposées. Mais deux questions ont été traitées avec une ampleur suffisante et avec une grande profondeur de connaissances par deux savants bien connus, MM. Pierre Duhem et Emil Rádl. Le premier a recherché dans le moyen-âge les origines de la dynamique galiléenne, le deuxième a cherché à poser, si non à résoudre, la question de savoir si la méthode mécanique et matérialiste à laquelle se rattachent les grands noms de Galileo, de Descartes, de Newton, n'a pas été, sous beaucoup de rapports, pernicieuse aux sciences biologiques et si, supprimant la méthode spéciale à ces sciences, elle n'a pas déterminé une stagnation trop longue dans cette branche du savoir humain. Les problèmes discutés par les deux savants que je viens de nommer ne reflètent, ainsi que je l'ai dit, qu'une petite partie du problème général. Ils n'en considèrent pas, en particulier, une partie des plus importantes, celle notamment qui se rapporte à toute la formation prégaliléenne de la méthode scientifique moderne. Je me bornerai pourtant dans cette note, ne serait-ce que pour les raisons évidentes tirées du peu de place dont je dispose, à mentionner les résultats vraiment notables des recherches de M. Duhem, en renvoyant à une note ultérieure l'examen des résultats obtenus par M. Rádl.

[1] Beaucoup de ces questions de priorité ont été éxaminées avec beaucoup de détails, mais aussi avec des idées preconçues, par R. CAVERNI, *Storia del metodo sperimentale in Italia*, 5 gros volumes, Firenze, 1891-98.

***

M. Pierre Duhem [1] est, parmi tous les savants actuels, un des esprits les plus vastes et les plus sympathiques. Sa culture, des plus vastes, lui permet d'écrire des traités volumineux et appréciés de physique et de chimie mathématique, d'examiner et de discuter, d'une façon plus pénétrante et juste que de coutume, des questions de philosophie scientifique, de suivre le développement de différentes théories scientifiques, depuis l'époque des grecs jusqu'aux temps modernes et de publier en outre des manuscrits anciens encore inédits, comme, par exemple, un long fragment de l'*Opus tertium* de Roger Bacon.[2] De plus, peu nombreux sont ceux qui connaissent la science médiévale comme l'éminent professeur de l'Université de Bordeaux, et ce fait le rendait particulièrement apte à poursuivre l'étude dont nous nous occupons. Il a été conduit à cette étude, entre autres, par l'examen de ce précieux trésor de matériaux scientifiques que nous trouvons accumulé dans les cahiers de notes du grand Leonardo da Vinci. La recherche des lectures qui ont stimulé et aiguisé l'activité scientifique du grand peintre ont déjà amené M. Duhem à examiner beaucoup de faits nouveaux et de la plus grande importance pour l'histoire de la science et à rédiger cet ensemble d'études réunies dans les deux premières séries des *Études sur Léonard de Vinci,* déjà citées. En poursuivant ces études, en ce qui concerne plus spécialement les concepts du mouvement et de la chute des graves, épars dans les notes de Leonardo, M. Duhem a pu donner un aperçu, complet sous certains rapports, du développement des principes de la dynamique et de la cinématique, et les résultats auxquels il a abouti sont tellement nouveaux et intéressants qu'il ne me paraît pas inutile de m'arrêter, du moins à quelques-uns d'entre eux. Et cela plus particulièrement parce que ce développement est lié étroitement au sujet que nous voulons traiter, M. Duhem ayant démontré que les noms de Jean Buridan, Albert de Saxe, Nicole Oresme et Dominique Soto se rattachent très étroitement à l'histoire de quelques-unes des découvertes qui firent la gloire de Galileo.

Le Maître ès arts, Jean Buridan, a été recteur de l'Université de Paris de 1327 à 1347. Quelques-uns des documents (les derniers) qui le concernent sont de 1357 et 1358, et dans l'un d'eux nous voyons figurer, à titre de témoins, les noms de Jean Buridan, Ni-

[1] L'ouvrage dont je m'occupe dans les considérations qui suivent est: P. Duhem, *Études sur Léonard de Vinci. IIIe série: Les précurseurs parisiens de Galilée.* Paris, Hermann, 1913.

[2] *Un fragment inédit de l'« Opus tertium », de Roger Bacon, précédé d'une étude par P. Duhem.* Ad Claras Aquas, 1909.

colas de Soissons, Robert fils de Godefroi, Albert de Saxe, le rapprochement étant symptomatique entre le premier, le vieux maître, et le dernier, qui sous beaucoup de rapports a repris, pour les développer, un grand nombre de ses concepts.

L'importance de Buridan, au point de vue de la dynamique, consiste à avoir établi nettement le concept que la science n'a accueilli définitivement qu'avec Leibniz et qui se dénomme aujourd'hui le concept de la *force vive*. Dans la *duodecima quaestio,* en effet, de ses *Questiones octavi libri physicorum,* Buridan examine d'abord les théories sur le mouvement citées par Aristoteles, celle de l'*αντιπερίστασις* (déjà repoussée par le Stagirite) et celle qui attribue à l'air la fonction de suivre et de mouvoir le corps, lorsque celui-ci est abandonné par le moteur. Cette théorie, acceptée par le grand naturaliste grec, a été ensuite admise par tout le monde.[1] Buridan, au contraire, lui oppose trois expériences: celle de la toupie ou de la meule du forgeron, celle du javelot dont la partie postérieure est armée d'une pointe aussi aiguë que la partie antérieure, et celle d'un navire que l'on hale rapidement en un fleuve, contre le cours du fleuve, et qui ne peut s'arrêter instantanément, sans qu'on sente que l'air le pousse par derrière. Aux opinions d'Aristoteles, Buridan oppose ensuite, avec beaucoup de lucidité et de méthode scientifique, toute une nouvelle série d'expériences qu'il serait trop long d'énumérer. Après quoi, il aborde l'exposé de sa propre théorie que je cite dans la traduction française de M. Duhem (p. 40, l. c.): « Voici donc, ce me semble, ce que l'on doit dire: Tandis que le moteur meut le mobile, il lui imprime un certain *impetus,* une certaine puissance capable de mouvoir ce mobile dans la direction même où le moteur meut le mobile, que ce soit vers le haut ou vers le bas, ou de côté, ou circulairement. Plus grande est la vitesse avec laquelle le moteur meut le mobile, plus puissant est l'*impetus* qu'il imprime en lui. C'est cet *impetus* qui meut la pierre, après que celui qui la lance a cessé de la mouvoir; mais, par la résistance de l'air, et aussi par la pesanteur qui incline la pierre à se mouvoir en un sens contraire à celui vers lequel l'*impetus* a puissance de mouvoir, cet *impetus* s'affaiblit continuellement; dès lors, le mouvement de la pierre se ralentit sans cesse; cet *impetus* finit par être vaincu et détruit à tel point que la gravité l'emporte sur lui et, désormais, meut la pierre vers son lieu naturel ».

Après avoir fixé avec plus de précision encore la nature de cet *impetus,* qu'il détermine à l'aide de trois facteurs, la vitesse, le volume et la densité du corps qui se meut (il est probable que si Buridan avait pu donner à sa définition une forme mathématique, il

[1] Sur les quelques allusions à l'*impetus* qui se trouvent chez Philoponos, voir dans la « Physikalische Zeitschrift », 1906, p. 23, un article de E. Wohlwill.

eût écrit: imp. = vol. × dens. × vitesse, en donnant ainsi l'*impetus* comme étant en raison directe de la vitesse), Buridan caractérise de la façon suivante le mouvement accéléré des graves en chute (p. 41): « Cela semble aussi être la cause pour laquelle la chute naturelle des graves va en s'accélérant sans cesse. Au début de cette chute, en effet, la gravité mouvait seul le corps, il tombait donc plus lentement; mais bientôt cette gravité imprime un certain *impetus* au corps pesant, *impetus* qui meut le corps en même temps que la gravité; le mouvement devient alors plus rapide; mais plus il devient rapide, plus l'*impetus* devient intense; on voit donc que le mouvement va continuellement en s'accélérant ».

Poursuivant ses raisonnements, Buridan résout quelques doutes, sur lesquels je passe, pour noter expressément le passage suivant (p. 45): « Ainsi lorsque la balle frappe la terre dure, elle est comprimée sur elle-même, à cause de l'*impetus* de son mouvement; immédiatement après, elle revient à sa sphéricité; en se relevant ainsi, elle acquiert un *impetus* qui la meut en l'air à une grande hauteur. De même une corde de cithare que l'on a fortement tendue et que l'on a frappée demeure longtemps agitée d'un tremblement, grâce auquel elle émet un son d'une certaine durée, et voici comment cela se fait: Après que le coup dont elle a été frappée l'a incurvée violemment d'un certain côté, elle revient si rapidement à sa rectitude première qu'elle dépasse cette rectitude à cause de l'*impetus* et s'en écarte en sens contraire; elle revient alors en arrière et recommence un grand nombre de fois. C'est par une cause semblable qu'une cloche continue à se mouvoir tantôt d'un côté, tantôt de l'autre fort longtemps après qu'on a cessé d'en tirer la corde; on ne peut l'arrêter facilement ni rapidement ».

Ailleurs Buridan applique au ciel la dynamique établie pour les mouvements terrestres; il se rattache ainsi à une conception que, dit M. Duhem, le XVIIe siècle aura eu la gloire de mettre hors de contestation, c'est-à-dire qu'une même dynamique doit régir les mouvements célestes et les mouvements des corps sublunaires. L'*impetus* s'applique ainsi également aux corps célestes lesquels, ne trouvant pas de résistance, se meuvent perpétuellement. La densité, un des facteurs de l'*impetus,* est naturellement remplacée dans ce cas par quelque chose d'équivalent; en fait, on n'est pas encore parvenu à admettre l'identité des substances terrestres et célestes. Notons précisément avec M. Duhem (p. 54) que « la permanence de l'*impetus,* dans le cas où la tendance de cet *impetus* ne se trouve contrariée ni par la résistance du milieu, ni par la gravité naturelle du mobile, est l'hypothèse qui porte toute la dynamique de Galilée ». Et plus loin: « L'histoire de la dynamique nous montrerait l'*impetus* traversant deux siècles et demi, sans rien acquérir que le Philosophe de Béthune (Buridan) ne lui eût déjà donné; elle nous la

montrerait ensuite se dépouillant de sa forme purement qualitative pour revêtir une forme quantitative plus précise; elle nous la montrerait évaluée, tout d'abord, d'une manière incorrecte et devenant ainsi le *momento* de Galilée, la *quantité de mouvement* de Descartes; elle nous la ferait enfin reconnaître, sous sa figure mathématique correcte, dans la *force vive* de Leibniz. La même histoire nous dirait que Newton n'avait pas, de la masse, une idée bien différente de celle que Buridan a définie.... ».

⁂

Je me suis arrêté un peu longuement à l'exposé du système de Buridan, parce que je crois qu'il est intéressant pour les lecteurs d'avoir une connaissance complète de ses principes. Je mentionnerai plus brièvement, sans qu'ils aient pour cela une importance moindre, les mérites que M. Duhem retrouve sous ce rapport chez Albert de Saxe, Oresme et Soto.

Nicole Oresme étudia la théologie à Paris en 1346, fut nommé chanoine de Rouen en 1362, doyen de chapitre le 18 mars 1364, évêque de Lisieux le 3 août 1377 et mourut le 11 juillet 1382. « Non seulement, dit M. Duhem (p. 386), Oresme a dévancé Copernic, en soutenant contre la physique péripatéticienne la possibilité du mouvement diurne de la Terre;[1] non seulement il a précédé Descartes, en faisant usage de représentations géométriques obtenues à l'aide de coordonnées rectangulaires à deux ou à trois dimensions, et en établissant l'équation de la ligne droite; il a encore fait une découverte que l'on attribue communément à Galilée: il a reconnu la loi suivant laquelle croît, avec le temps, la longueur parcourue par un mobile qu'entraîne un mouvement uniformément varié... », et c'est encore à lui qu'on doit cette importante proposition que (p. 396): « l'espace parcouru en un mouvement uniformément varié soit égal à celui qui serait parcouru en un mouvement uniforme de même durée, ayant pour vitesse la vitesse qu'atteint le premier à son instant moyen ».

Albert de Saxe,[2] le philosophe éminent qui, sur beaucoup de points, avait suivi Jean Buridan et dont la figure avait déjà été mise en lumière par M. Duhem dans quelques-unes de ses précédentes études, avait d'autre part reconnu que la chute des graves

[1] On peut voir à ce propos l'article de M. Duhem lui-même: *Un précurseur français de Copernic. Nicole Oresme (1377)*, « Revue gén. des sciences », 15 novembre 1909.

[2] Sur Albert de Saxe (de Helmstädt) nous possédons peu de notices biographiques. En 1351 il subit l'épreuve de la *déterminance* sous maître Albert de Bohême. Le document dans lequel son nom est associé à celui de Buridan est de 1358. En 1361 il est nommé curé de la paroisse des Saints Côme-et-Damien.

est un mouvement uniformément accéléré, mais, tombant dans la même erreur que commettra plus tard Galileo dans ses ouvrages de jeunesse, il suppose que la vitesse est proportionnelle à l'espace parcouru, et non, au contraire et ce qui serait exact, au temps employé.

C'est ainsi que (p. 398) « avant l'an 1370, donc, deux grandes vérités avaient été, l'une entrevue, l'autre découverte; on avait émis l'hypothèse que la chute des graves était un mouvement uniformément accéléré; on avait formulé la loi qui, en un tel mouvement, lie l'espace parcouru au temps employé à le parcourir. Il suffisait de donner la première proposition comme assurée et de la comparer à la seconde pour que les deux lois essentielles de la chute des graves se trouvassent formulées. Le fruit, semble-t-il, était mûr; le plus léger attouchement allait suffire à le détacher. Or, en dépit de cette prévision, plus d'un siècle et demi va s'écouler avant que ce fruit soit cueilli; c'est seulement dans les écrits de Dominique Soto que la supposition d'Albert de Saxe, d'une part, que la découverte d'Oresme, d'autre part, se complèteront en se rejoignant ».

Dominique Soto, né en 1494 à Segovia, étudia à Paris, occupa à partir de 1532 la chaire de théologie à Salamanca et mourut dans cette ville en 1560. L'union des deux principes se trouve exprimée chez lui de la façon suivante (trad. Duhem, p. 558):

« Le mouvement uniformément difforme par rapport au temps est celui dont la difformité est telle: Si on le divise suivant le temps, c'est-à-dire suivant des parties qui se succèdent dans le temps, en chaque partie le mouvement du point milieu excède le mouvement extrême le plus faible de cette même partie, d'une quantité égale à celle dont il est excédé par le mouvement extrême le plus intense. — Cette espèce de mouvement est celle qui est propre aux corps qui se meuvent de mouvement naturel et aux projectiles. — Toutes les fois, en effet, qu'une masse tombe d'une certaine hauteur au sein d'un milieu homogène, elle se meut à la fin plus vite qu'au commencement. Au contraire, le mouvement des corps projetés (de bas en haut) est plus faible à la fin qu'au commencement. Et même le premier s'accélère uniformément et le second se retarde uniformément ».

Il ne nous est pas possible de suivre, même dans ses principales phases, le développement des théories de Buridan, d'Albert de Saxe, d'Oresme et de Soto dans l'Université de Paris, dans celle d'Oxford et en Italie. Il ne nous est pas davantage possible de mentionner les différents courants scientifiques qui se sont déroulés pendant trois longs siècles, les erreurs qui se sont entremêlées avec les vérités, la façon dont les connaissances acquises se sont transmises à Leonardo et à Galileo. Il est nécessaire pour cela de lire

et de méditer l'ouvrage original de M. Duhem. Cet ouvrage, je l'ai déjà dit, éclaire d'un vif rayon de lumière une période restée jusqu'ici obscure et nous montre que nombre d'idées presque stéréotypées, qui se sont infiltrées dans l'histoire de la science, étaient fondamentalement erronées. Je crois pourtant que, en dehors de l'acquisition très importante de faits nouveaux, l'ouvrage de M. Duhem, tout en apportant une féconde contribution à l'histoire de la pensée scientifique, n'est pas un travail définitif. Cette période, très obscure, doit encore être examinée, et à beaucoup de points de vue. Et aux grands et incontestables mérites de l'école parisienne on devra peut-être ajouter ceux d'autres écoles et d'autres savants. Un vaste et grand champ de recherche, d'examen et de critique s'ouvre ainsi à la petite cohorte des historiens de la science.

Roma, Università.

ALDO MIELI

(Traduit par M. le Dr. S. Jankelevitch — Paris).

RECENSIONI - COMPTES RENDUS
REFERATE - BOOK REVIEWS

L. C. Miall - *The early Naturalists, their Lives and Work (Les naturalistes de jadis, leur vie et leur œuvre)* (1530-1789). Un vol. in-8, de xii-396 pages. Macmillan & Co., Ltd., London, 1912.

Archibald Geikie - *The Love of Nature among the Romans (L'amour de la nature chez les Romains).* Un vol. in-8, de x-394 pages. John Murray, éd., London, 1913.

On constate facilement dans la production scientifique de ces dernières années un réveil salutaire et plein de promesses de l'intérêt pour tout ce qui concerne l'histoire des différentes disciplines, voire pour le développement complet et complexe de l'ensemble de la pensée scientifique. Ce fait se manifeste en affectant plusieurs formes différentes. Tantôt ce sont des études sévères et critiques sur l'œuvre d'un homme, d'une école ou sur l'évolution de quelques théories scientifiques. Tantôt, au contraire, ce sont des ouvrages d'une nature rigoureusement scientifique, soit d'un caractère général, soit limitées à la critique et à la philosophie des sciences. Tantôt enfin ce sont de nouvelles éditions d'ouvrages classiques ou des écrits de saine vulgarisation ou encore des conférences et discours. Et dans tout ce magnifique développement l'histoire des sciences a aussi fini par trouver son organe central et international dans la belle revue « Isis », publiée par M. George Sarton.

En rapport avec cette grande activité scientifique se trouve, d'autre part, la valeur des ouvrages qui sont mis au jour. Tandis que dans beaucoup ouvrages de jadis la principale place était accordée au côté frivole et anecdotique et que la plupart des autres se limitaient à être une aride liste chronologique ou de classification, prenant ainsi pour fin ce qui aurait dû servir seulement de moyen, nous pouvons trouver aujourd'hui des ouvrages qui accordent une

place beaucoup plus considérable à l'examen propre de l'évolution des idées, des théories et des connaissances et qui cherchent à donner un exposé qui en fasse un tout organique et satisfaisant. D'autre part, et c'est autant de gagné au point de vue du sérieux, on a abandonné presque totalement ce ton déclamatoire et sectaire qui gâtait la plupart des ouvrages d'il y a quelques dix ans, et la science actuelle n'est plus considérée comme une opposition aux erreurs du passé et comme le critère infaillible d'après lequel on devait mesurer et juger sans appel toutes les manifestations du passé.

Aussi bien, si les ouvrages sérieux et dignes d'être pris en considération ne sont pas trop nombreux, ils ne constituent pas non plus une exception, comme ce fut le cas jadis. C'est ainsi que j'ai eu l'occasion, il n'y a pas longtemps, de parler dans cette Revue de la belle *Geschichte der Physik* de Ernst Gerland, de l'*Aristarchus* de Sir Th. Heath, et de plusieurs autres livres, et c'est ainsi encore que je me propose d'examiner aujourd'hui deux autres ouvrages, bien différents l'un de l'autre et qui, écrits par des savants éminents, caractérisent bien le nouvel amour du passé et les nouvelles tendances vers son étude, faite sans dédains injustifiés et sans idolâtrie dangereuse.

M. Miall s'occupe dans son livre de plusieurs naturalistes ayant vécu et travaillé pendant la vaste période qui s'étend des débuts de l'observation systématique de la nature et du déclin de la scolastique jusqu'au profond bouleversement intellectuel qui est caractérisé en politique par la Révolution Française. 1530 et 1789 sont en effet les dates extrêmes que l'auteur place en tête de son livre. L'une est celle de *Herbarum vivae eicones,* de Otto Brunfels, l'autre, ainsi que dit l'auteur (p. 390), est celle à laquelle se place le commencement de l'activité scientifique de Cuvier et de Humboldt, qui avaient alors vingt ans, tandis que Robert Brown, « le grand fondateur de la botanique du dix-neuvième siècle », n'en avait que seize. On ne peut pas dire de l'ouvrage de M. Miall qu'il examine avec continuité le développement et l'évolution d'un ensemble déterminé d'idées: il est plutôt une suite d'études variées et intéressantes sur la valeur intrinsèque et historique des travaux fondamentaux de quelques grands savants.

On comprend que ce qui importe dans un travail ainsi conçu, ce n'est pas seulement la façon dont sont conduites les différentes parties dont il se compose, mais aussi et surtout le choix fait et l'ampleur relative des sujets traités. Sous ce rapport, M. Miall a eu la main assez heureuse, bien que, et nous en ferons l'observation plus bas, il laisse parfois trop percer dans son ouvrage le point de vue purement *anglais.*

L'ouvrage est subdivisé en huit sections qui sont les suivantes:

La nouvelle biologie; L'histoire naturelle des pays lointains; Quelques vieux naturalistes anglais et quelques représentants contemporains de la science agricole en France; Ray et quelques-uns de ses disciples; L'anatomie microscopique; Les premières études d'anatomie comparée; L'école de Réaumur; Linné et les Jussieu; Buffon. Ces sections sont subdivisées à leur tour en de nombreux chapitres dont chacun est consacré, d'une façon générale, à un savant unique et quelquefois à une école ou à un ensemble d'ouvrages à peu près contemporains et traitant des sujets analogues.

Bien qu'il soit facile de constater, même à un examen rapide du sommaire, que l'auteur a traité son sujet d'une façon suffisante dans ses différentes parties, nous n'en devons pas moins signaler que la part réservée aux naturalistes italiens laisse beaucoup à désirer. Et nous disons cela sans un faux orgueil nationaliste et sans vouloir attribuer aux Italiens un mérite qu'ils ne possèdent pas. Mais quiconque a étudié, même d'une façon sommaire, le développement des sciences en Italie, même après cette première renaissance dont personne ne songe à nier l'éclat, pourra témoigner du rôle grandiose que les Italiens ont joué dans le mouvement scientifique international. Il est vrai que l'oubli presque complet dans lequel sont tombés ces esprits supérieurs et le manque de réimpressions scientifiques de leurs ouvrages ont fait passer leurs mérites au second rang; et nous ne devons pas tenir rigueur à un auteur étranger d'ignorer ou de ne pas accorder une attention suffisante à ce que les Italiens eux-mêmes se sont si peu soucié de relever.

C'est ainsi que trois chapitres seulement sont consacrés à des auteurs de chez nous, et ces auteurs sont précisément Cesalpino, Malpighi et Redi, tandis que d'autres sont à peine mentionnés dans tel ou tel passage. Il faut signaler encore le développement inégal des différents chapitres. Alors que de nombreuses pages sont consacrées à l'*Histoire des Insectes,* de Réaumur (pp. 244-277), l'auteur condense dans quatre pages seulement ses commentaires sur les ouvrages suivants de Redi: *Osservazioni intorno alle vipere, Esperienze intorno alla generazione degli insetti, Esperienze intorno a diverse cose naturali* (Le gésier des oiseaux), *Osservazioni intorno agli animali viventi che si trovano negli animali viventi* (Sur les anguilles).

Ces réserves faites, on doit reconnaître que, dans son ensemble, l'ouvrage de M. Miall est bien écrit et que l'auteur y fait preuve d'une grande équité. On le lit volontiers et avec plaisir. Si sa forme, qui est à peu près celle d'une collection de *profils,* présente des inconvénients sous certains rapports, elle le rend d'autre part attrayant et susceptible d'intéresser ceux-là mêmes qui ne s'occupent pas de l'histoire des sciences ou veulent seulement commencer à s'en occuper. Et l'on peut ajouter que des livres de ce genre pourront toujours développer l'intérêt pour les études d'ordre historique.

***

L'autre volume dont nous nous occupons, celui de l'éminent géologue Sir Archibald Geikie, appartient à une catégorie toute différente. En contact permanent avec les grands et merveilleux phénomènes de la nature, l'auteur a conçu pour celle-ci un amour sincère et profond. Ce sentiment, dans l'histoire de l'humanité, a puissamment contribué à faire naître et avancer les sciences naturelles. Je crois, en effet, que c'est seulement sous l'influence du charme exercé par la nature que naît ce stimulant qui pousse à systématiser et à coordonner les faits observés, c'est-à-dire à rechercher, pour employer l'expression en usage, les causes des phénomènes naturels. Mais ce sentiment était-il aussi vigoureux et puissant à d'autres époques? Et, en particulier, était-il répandu chez ce peuple romain qui, issu d'une population agreste, devait résumer et terminer en lui toute l'histoire du monde antique?

Des souvenirs classiques et une étude amoureuse des écrivains latins, sans parler du sentiment de la nature dont nous venons de parler, ont dû certainement décider M. Geikie à écrire le beau livre qui vient d'être publié. Et l'auteur, en plus de ses beaux dons d'écrivain, était bien de force à mener à bien une pareille entreprise, grâce à sa solide culture littéraire et à son intérêt pour l'histoire des sciences en général, de celles de la période romaine en particulier. Nous devons en effet à M. Geikie les notes d'un autre beau livre, récemment paru (London, Macmillan, 1910), à savoir la version anglaise des *Quaestiones naturales,* de Sénèque. Une telle préparation scientifique, historique, artistique et littéraire ne pouvait pas ne pas aboutir à un résultat satisfaisant, et personne mieux que M. Geikie n'était à même de s'acquitter de la tâche qu'il s'est proposée.

Dans les seize chapitres de son ouvrage, l'auteur nous conduit à travers la terre saturnienne et nous fait connaître son peuple agreste et rude. Il nous transporte au milieu des scènes champêtres chantées par les plus grands poètes de ce peuple, Lucrèce, Virgile, Horace, etc., et il examine l'influence des fleurs, des animaux, du paysage sur l'art plastique et littéraire. Il nous raconte enfin comment les Romains, et plus particulièrement leurs écrivains et poètes, concevaient les phénomènes des saisons, du jour et de la nuit, ceux des lacs, des fleurs et des montagnes. De nombreuses citations, presque toutes traduites en anglais, ornent et complètent le livre.

Sans vouloir attribuer à l'ouvrage de M. Geikie la portée d'une histoire des sciences qu'il n'a pas, on peut dire de lui qu'il est vraiment utile et digne d'éloges. On le lit avec un véritable plaisir,

et il vous laisse un souvenir agréable. Il montre en outre combien est étroit le lien qui rattache les unes aux autres toutes les manifestations de la vie et que la distinction entre la science et l'art, entre ce qu'il y a de réel et d'idéal dans les constructions de la pensée est, si on la prend d'une façon absolue, une chose voulue par ceux qui ne pensent qu'à séparer et à distinguer, sans rien construire de nouveau, plutôt qu'elle ne découle des faits où toutes ces manifestations, au contraire, s'intègrent et se complètent réciproquement.

Roma, Università.

ALDO MIELI

F. W. WESTAWAY - *Scientific Method. Its Philosophy and Practice (Méthode scientifique. Sa philosophie et sa pratique).* Un vol. in-8, de XIX-439 pages, avec 24 figures. Blackie & Son, Ltd., éd., London, 1912.

Sir OLIVER LODGE - *Modern Problems (Problèmes modernes).* Un vol. in-8, de 320 pages. Methuen & Co., Ltd., éd., London, 1912.

HENRI POINCARÉ - *Dernières pensées.* Un vol. in-8, de 258 pages. Ernest Flammarion, éd., Paris, 1913.

M. Westaway s'est proposé d'intéresser le lecteur aux ouvrages des différentes autorités qu'il cite. Et nous pouvons dire qu'il a complètement atteint son but, car si son livre est d'une utilité particulière pour ceux qui enseignent la science, il sera aussi lu avec plaisir par un cercle de lecteurs plus large. La méthode scientifique, qui joue de nos jours un rôle très important dans diverses branches de la science, ne peut voir cette importance que s'accroître à l'avenir. Le premier Livre de l'ouvrage de M. Westaway traite de *la philosophie de la méthode scientifique,* ses premiers chapitres étant consacrés à quelques-uns des problèmes qui s'imposent au philosophe: esprit, matière, espace, temps, etc. Une courte section est consacrée à la méthode « pragmatique » du professeur James, méthode qui cherche à concilier différentes notions métaphysiques, en poursuivant les conséquences qui de chacune d'elles découlent pour la vie pratique. Le professeur trouvera certainement qu'une pareille méthode est douée d'une grande efficacité, en ce qu'elle encourage et favorise l'acceptation de nouvelles vérités. La conclusion de l'auteur, à savoir que le pragmatisme offre au tempérament anglais une satisfaction intellectuelle qu'il ne retire d'aucun autre système philosophique, est une de celles auxquelles on ne peut refuser son adhésion.

Les méthodes adoptées par d'anciens philosophes dans leurs investigations de différents phénomènes sont exposées de telle sorte

que le lecteur n'éprouvera aucune difficulté à formuler ses propres conclusions sur la valeur de ces méthodes. Il est intéressant de comparer ces dernières avec celles suivies par Bacon, Descartes et d'autres philosophes de la même époque, et avec celles adoptées de nos jours. En parlant de la méthode de Descartes, l'auteur choisit sa théorie des tourbillons pour montrer comment cette théorie a décliné, parce que ses données n'étaient pas en accord avec les mouvements réels des corps célestes.

Le Livre II traite de la *logique de la méthode scientifique* et est suivi du Livre III où sont cités plusieurs exemples de recherches faites par des savants éminents. Ces exemples sont dignes d'une étude approfondie et, tout en ayant une grande utilité pour le professeur ayant à enseigner les éléments de la logique inductive, ils présentent un vif intérêt pour tout lecteur cultivé.

La méthode scientifique dans la classe, tel est le sujet traité dans le Livre IV. L'auteur y élucide en passant la méthode « heuristique », c'est-à-dire celle qui consiste à s'adresser aux élèves, en les incitant autant que possible à se mettre à la place de ceux qui font des découvertes, au lieu de se contenter de leur parler de toutes sortes de choses. L'auteur cite quelques exemples relatifs à des essais d'investigation dans diverses branches de la science faits par des étudiants. La méthode heuristique, du moins dans les phases les plus élémentaires de la recherche scientifique, a donné de très bons résultats qui sont de nature à servir d'encouragement à ceux qui voudraient suivre cette méthode.

***

Le livre de Sir Oliver Lodge se compose de vingt-un essais sur des sujets de philosophie, de morale, de politique. Nous ne pouvons citer ici que quelques-unes des questions envisagées dans ce livre. *La nature du temps,* tel est le sujet du chapitre II. Si le temps est fait d'instants discontinus, nous pouvons prétendre que c'est seulement dans le présent que nous avons une existence réelle. Mais si l'on reconnaît que la forme directe et primitive de l'appréhension n'est constituée ni par le temps, ni par l'espace, mais par le *mouvement,* les énigmes de la durée et de la succession, de la coexistence et de la séquence se trouvent considérablement éclaircies.

Dans le chapitre V l'auteur parle de *la situation de la femme dans l'État.* Il hasarde cette opinion qu'on finira un jour par se rendre compte que les femmes sont particulièrement aptes, sous certains rapports, pour le gouvernement et pour la vie officielle et municipale. Il prétend que tout propriétaire ou tout occupant de maison doit, quelque soit son sexe, exercer le droit de vote, tant que ce droit est attaché à la propriété.

Le chapitre VII est intitulé: *l'arbitrage universel; dans quelle mesure est-il possible?* La question est exposée avec beaucoup de clarté et l'auteur reconnaît que si certaines questions litigieuses peuvent être soumises à l'arbitrage, il en est d'autres que les nations ne peuvent pas consentir à abandonner à cette juridiction. Ce chapitre avait paru, sous forme d'article, dans la «Westminster Gazette», en 1911, et l'opinion que l'auteur y exprime sur l'effet que pourrait produire aux États-Unis l'intervention d'une puissance européenne quelconque dans les affaires mexicaines présente aujourd'hui, à la suite des derniers événements, un intérêt tout particulier.

Le chapitre XII, sur *quelques réformes sociales,* est intéressant, mais sous certains rapports seulement, son intérêt étant d'ordre idéal plutôt que pratique. Nous trouvons, page 192, une citation des mémoires de Edward Burne-Jones, où est décrite la cité idéale. M. Oliver Lodge nous dit que « il n'y a là rien d'irréalisable ou d'impossible.... La faute provient de l'égoïsme humain et de fins mal comprises, et non de la nature des choses ». Nous ne pouvons qu'adhérer à cette dernière proposition, mais nous craignons que l'application de méthodes scientifiques elle-même ne suffise pas à supprimer l'égoïsme.

***

Le livre de M. H. Poincaré est un recueil de plusieurs articles qui nous est présenté comme formant le quatrième volume des ouvrages sur la philosophie scientifique, par cet auteur. Le livre est divisé en neuf chapitres, dont le premier traite de *l'évolution des lois.* Question intéressante, surtout si l'on songe aux changements que subissent nos conceptions relatives à un grand nombre de lois fondamentales. Certains physiciens de nos jours n'affirment-ils pas que les lois de la mécanique ne sont pas absolues et cessent d'être valables, lorsqu'il s'agit de vitesses comparables à celle de la lumière? La question est discutée à plusieurs points de vue. Le lois naturelles sont-elles susceptibles de changement? M. Poincaré imagine un monde où la température n'a pas subi de variation depuis longtemps. Puis ce monde devient plus froid par rayonnement, la température de chacune de ses parties restant la même, mais ayant diminué dans son ensemble avec le temps. Un habitant qui se serait endormi pour se réveiller au bout de plusieurs siècles trouverait que les lois enseignées par les physiciens sont bien différentes de celles qu'il avait connues. Les relations réciproques existant entre les différentes parties du monde seraient changées.

Supposons maintenant que deux systèmes de sciences portant sur notre Planète, mais séparés par des millions d'années, contien-

draient des lois déduites des faits observés. Les sciences peuvent être différentes, ce qui nous autoriserait à dire que les lois ont évolué. Mais il est possible d'imaginer une grande intelligence, capable de réunir les deux formules fragmentaires se rapportant aux deux systèmes, en une seule formule cohérente. Pour une intelligence de ce genre, les lois n'auraient pas changé; leur changement n'existerait que pour le savant imparfaitement informé.

Nous ne pouvons que mentionner brièvement quelques-uns des autres chapitres. *L'espace et le temps* est un chapitre qui mérite une étude approfondie à cause de la théorie de la relativité de Lorentz. Si ce principe de la relativité finissait par être établi, le temps lui-même deviendrait discontinu et nous serions pratiquement obligés de nier l'existence de l'éther de l'espace: notre propre existence ne serait pas plus continue que les événements se déroulant sur un écran cinématographique.

Les autres chapitres sont intitulés: *Pourquoi l'espace a trois dimensions*, *La logique de l'infini*, *Les mathématiques et la logique*, *L'hypothèse des quanta*, *Les rapports de la matière et de l'éther*, *La morale et la science*. Le plus intéressant d'entre eux est, à notre avis, le chapitre VI sur l'hypothèse des quanta, dans lequel l'auteur énonce une proposition qu'il croit plus exacte que celle de Planck, mais qui n'est pas contraire à sa manière de voir: « Un système physique n'est susceptible que d'un nombre fini d'états distincts; il saute d'un de ces états à l'autre, sans passer par une série continue d'états intermédiaires ». Le chapitre entier est instructif, surtout si l'on songe combien chancelantes sont certaines de nos notions physiques, et sa lecture suscite le plus vif intérêt.

Dans le chapitre VIII, sur *la morale et la science,* l'auteur dit que la moralité scientifique est impossible, mais que la science apporte un concours indirect à la morale. La science seule est insuffisante, parce qu'elle n'envisage qu'un côté de la nature humaine. « La morale et la science, à mesure qu'elles feront des progrès, sauront bien s'adapter l'une à l'autre ».

London.

M. DAVIDSON

P. ZEEMAN - *Researches in Magneto-Optics (Recherches de magnéto-optique).* Un vol. in-8, de XIV-219 pages, avec 74 figures. Macmillan & Co., éd., London, 1913.

Sir OLIVER LODGE - *The Ether of Space (L'éther de l'espace).* Deuxième édition. Un vol. in-18 (de la *Harper's Library of Living Thought*), de XVI-156 pages, avec 19 figures. Harper & Brothers, éd., London, 1910.

H. S. ALLEN - *Photo-Electricity (Photo-électricité).* Un vol. in-8, de VII-221 pages, avec 35 figures. Longmans, Green & Co., éd., London, 1913.

H. A. WILSON – *The electrical Properties of Flames and incandescent Solids (Les propriétés électriques des flammes et de solides incandescents).* Un vol. in-8, de 118 pages, avec 31 figures. University of London Press, éd., 1912.

M. Zeemann nous raconte dans son ouvrage comment il est arrivé à la découverte du phénomène qui porte son nom et ce qui, à la suite de ses travaux et de ceux d'autres savants, découle le plus directement de cette découverte d'une si grande importance. Elle date de 1896, mais telle est la complexité des effets qui ont été observés successivement, en soumettant les spectres émis par différents corps au champ magnétique que, lorsqu'on y repense aujourd'hui, il semble que cette découverte soit bien plus ancienne qu'elle ne l'est en réalité; je pense même que telle doit être l'impression de M. Zeemann lui-même, au point que, dans l'ouvrage dont nous nous occupons, il se trouve à même de parler de sa découverte d'une façon objective, en présentant aux savants, dans un exposé aussi clair qu'exact, l'évolution des concepts qui pourront, il faut l'espérer, nous éclairer un peu sur la structure intime de la matière. Et pour être plus objectif encore, l'auteur nous donne, dans le chapitre II, une reproduction à peu près complète du mémoire dans lequel il avait fait connaître sa découverte en 1896. Il nous raconte que, connaissant les expériences négatives de Faraday concernant l'action d'un puissant aimant sur le spectre lumineux d'une flamme, il résolut de les reprendre en comptant sur les appareils plus perfectionnés servant à la résolution de la lumière. Il s'était déjà occupé précédemment du phénomène de Kerr, à savoir que la lumière polarisée se modifie en se réfléchissant sur le pôle d'un aimant; ce phénomène et celui de Faraday (1842), c'est-à-dire la rotation du plan de polarisation de la lumière dans quelques corps placés dans le champ magnétique, étaient restés isolés, insuffisants à donner à eux seuls une théorie susceptible de les expliquer. Orienté en outre dans cet ordre de recherches par les déductions de son maître Lorentz sur la théorie électromagnétique de la lumière de Maxwell, l'auteur réussit enfin à obtenir brillamment l'effet cherché, malgré la petitesse de celui-ci et malgré les très grandes difficultés expérimentales. Le phénomène de Zeemann, dans lequel la force électromagnétique agit directement sur la lumière et, dans le cas le plus simple, dédouble une ligne du spectre à polarisation rectiligne en deux lignes polarisées circulairement et en sens opposé, ce phénomène a prouvé qu'on était dans le vrai lorsqu'on admettait que le rayon polarisé rectilignement pouvait se décomposer en deux rayons polarisés circulairement et en sens opposé; et il a prouvé également qu'il était nécessaire de voir dans le rayon lumineux, non une simple vibration de l'éther, mais une

charge électrique se déplaçant de façon à provoquer par convection un champ électro-magnétique, ainsi que Weber l'avait déjà supposé pour le magnétisme. La découverte de Zeemann a ainsi donné une nouvelle orientation à l'optique physique, et plus particulièrement à la magnéto-optique; elle a mis les théories du magnétisme sur une meilleure voie et fourni un solide appui expérimental à la théorie électronique. Aussi l'ouvrage dont je parle n'est-il pas seulement un livre didactique qui expose le chemin parcouru par la magnéto-optique et l'état actuel de celle-ci: écrit par M. Zeemann lui-même, il revêt la valeur d'un ouvrage classique de la science.

L'auteur renseigne surtout le lecteur sur les moyens expérimentaux qu'il avait eus à sa disposition en 1896 et sur les moyens actuels, de combien plus perfectionnés, comme ces admirables réticules de Rowland où on a jusqu'à 20.000 lignes par pouce. A l'aide de ceux-là et d'autres moyens de résolution de la lumière, à l'aide de champs magnétiques de plus de 45.000 Gauss, comme on en sait produire actuellement, le phénomène de Zeemann a été étudié dans ses aspects les plus variés, en examinant les différentes raies spectrales d'un seul et même corps ou de différents corps, soit dans le spectre d'émission, soit dans celui d'absorption; l'effet de Zeemann se présente souvent sous une forme extrêmement complexe, parfois avec des dissymétries que la théorie est encore incapable d'expliquer. Tous ces faits, bien qu'ils ne soient pas encore ramenés à des lois certaines, conduisent à la théorie que le spectre d'un corps, c'est-à-dire les oscillations électro-magnétiques qu'il émet, est une conséquence directe de sa structure atomique. En 1909, M. Zeemann a publié dans « Scientia » un intéressant mémoire sur cette question. Cette étude, qui pousse l'investigation jusque dans l'intimité de la matière, est l'étude la plus ardue et la plus philosophiquement intéressante de la spectroscopie moderne. M. Zeemann parle de tout cela, en complétant les descriptions expérimentales de très belles photographies spectrales, d'autant plus belles qu'elles sont plus difficiles à obtenir. Le titre de « recherches » exprime bien le caractère de l'ouvrage; la partie théorique n'en est pas éliminée, mais y est introduite avec parcimonie. Un chapitre de l'ouvrage est consacré à la magnéto-optique solaire, à la découverte de Hale qui utilisa le phénomène de Zeemann pour examiner pour la première fois la distribution du magnétisme sur notre Soleil. Et pour rendre son ouvrage encore plus utile et complet, l'auteur donne une riche bibliographie de tout ce qui a été publié sur le phénomène de Zeemann jusqu'en 1912.

L'auteur dédie son ouvrage à la mémoire de Faraday. Cette dédicace me plaît comme l'affirmation d'une haute pensée: si Zeemann a spécifié quelques propriétés de l'éther dans sa manifestation la plus apparente de luminifère, ce fut Faraday qui, répudiant

l'éther sous sa forme antique, a introduit le concept moderne de l'éther, en le simplifiant dans les lignes de force, comme moyen de continuité.

***

Aussi n'est-il pas hors de propos de parler ici d'un livre ayant pour auteur un des plus grands physiciens-philosophes modernes: *L'éther de l'espace,* par Sir Oliver Lodge, qui forme un élégant petit volume de la collection « Harper's Library of living Thought ». Dans cet ouvrage, l'auteur se charge de nous guider, avec son charme de grand penseur, dans l'examen de ce qui a été pour lui, dit-il, la branche la plus fascinante de la physique: l'investigation des propriétés de l'éther. Jamais la science ne s'était trouvée, à mon avis, dans une position aussi bizarre: elle a toujours eu pour règle, toutes les fois qu'un nouveau corps était trouvé, de le soumettre à l'épreuve, afin d'en découvrir les différentes propriétés; ici, au contraire, il s'agit, non d'un corps dont l'existence nous soit connue, mais d'un corps dont nous avons besoin pour que notre logique puisse comprendre ce qui découle d'autre part avec l'évidence d'un fait indiscutable, d'un corps envisagé comme moyen cosmique de transport de différentes énergies, et en particulier de l'énergie lumineuse. En recherchant les propriétés que doit avoir l'éther, nous arrivons, avec Lodge, à concevoir un monde bien différent de celui que nous sommes habitués à nous représenter, à savoir comme un monde uniformément plein, ce que nous touchons et sentons ne différant de ce que nous ne sentons pas, que par ce seul fait que l'un est de l'éther en repos, l'autre de l'éther en mouvement.... mais il faut s'arrêter, puisque Sir Lodge, qui est un savant, ne perd jamais le sens de la mesure. Le livre qu'il nous présente est d'un caractère rigoureusement scientifique. Il rapporte des résultats expérimentaux et ce qui peut en être déduit: les expériences de Fizeau, de Michelson...., de Lodge, expériences hardies, destinées à démontrer, non seulement l'existence de l'éther, mais encore ce qui nous intéresse le plus: la question de sa densité et viscosité, et celle de savoir s'il est ou non entrainé par la matière en mouvement. Ce sont là des problèmes de la plus grande importance et de la solution desquels dépendra notre acceptation des théories sur lesquelles sont aujourd'hui fondées nos recherches expérimentales, celles surtout qui se rapportent à la magnéto-optique.

***

Par le seul fait de son exposition à la lumière, un corps électrisé peut dissiper sa propre charge électrique. Ce phénomène était

connu avant la découverte des corps radio-actifs, dans lesquels l'électricité se dissipe naturellement, sans l'intervention d'une cause extérieure quelconque. La découverte des corps radio-actifs a donné une grande impulsion à l'étude de tous les autres phénomènes susceptibles de faire supposer une action quelconque sur l'équilibre atomique et une émission d'électricité: tout particulièrement des phénomènes photo-électriques. Les expériences de Hallwachs, Righi, Stoletow datent de 1888; l'ouvrage de M. H. S. Allen, dont nous nous occupons ici, *Photo-electricity,* résume ces premières expériences et celles qui ont été faites ultérieurement et auxquelles l'auteur luimême a apporté sa contribution. L'auteur ajoute au principal titre de son ouvrage le sous-titre: *Libération d'électrons par l'effet de la lumière.* C'est là en effet le sujet qui inspire le volume et qui y est traité d'une façon complète: le savant y trouve la description des expériences et de très nombreux diagrammes représentant les résultats obtenus en variant le corps illuminé, le milieu ambiant, sa pression, en variant la température, la nature et l'intensité de la lumière employée et, lorsqu'il s'agit de lumière polarisée, en variant l'angle d'incidence. Les différentes théories proposées pour expliquer l'effet photo-électrique sont exposées d'une façon claire. Nous trouvons particulièrement intéressant le chapitre sur la fatigue photo-électrique: on sait en effet que le pouvoir photo-électrique d'un corps peut varier, indépendamment de toutes autres circonstances, parce qu'il a été exposé précédemment à l'action photo-électrique: le corps présente alors une certaine faiblesse. De ce phénomène, qui a été dénommé phénomène de fatigue, comme si on voulait attribuer aux corps inanimés une forme de vitalité, plusieurs explications ont été données, dont aucune n'est entièrement satisfaisante: désintegration atomique, différentes modifications physiques ou chimiques. Dans les chapitres qui font suite, l'auteur parle de la fluorescence et phosphorescence, des actions photo-chimiques et photographiques, phénomènes qui, tout en semblant ne pas se rattacher au sujet principal, n'y sont cependant pas étrangers, puisque pour expliquer ces phénomènes, dont il est difficile de rendre compte autrement, on a recours, à la suite des travaux de Stark, de Lenard et autres et avec l'espoir de succès, aux actions électriques intra-atomiques, en réduisant ces phénomènes aux phénomènes électroniques.

***

Que les corps incandescents n'émettent pas seulement de la chaleur et de la lumière, mais qu'ils puissent encore émettre de l'électricité, par le seul fait d'être portés à un état intérieur d'énergie capable de détruire leur équilibre intra-atomique, — voilà un sujet

qui se rattache encore davantage à celui de la radio-activité. L'émission d'électrons par des corps incandescents forme le sujet d'une belle monographie de M. Wilson qui, avec Richardson et autres, s'est beaucoup occupé de ces phénomènes. L'auteur donne les développements mathématiques de la théorie et présente en même temps une grande quantité de diagrammes, résultat de recherches méthodiques; il fait également connaître des résultats expérimentaux qui n'ont pas encore été publiés. Le volume forme vraiment une belle monographie, et l'auteur me paraît bien réaliser le but qu'il s'était proposé, dit-il, à savoir de présenter un compte-rendu concis et complet à la fois. Nous attirons l'attention sur le chapitre relatif à l'émission de charges positives, phénomène complexe pour la théorie électronique. L'auteur parle aussi de la conductibilité des flammes et des vapeurs salées, sujet qui ouvre aux études un vaste champ: je citerai tout particulièrement la conductibilité de la flamme pour les courants rapidement alternatifs, sujet que l'auteur a été à peu près le seul à étudier.

Bologna, Università.

SILVIO MAGRINI

R. ZSIGMONDY - *Kolloidchemie, ein Lehrbuch (Chimie des colloïdes).* In-8, XI u. 294 Seiten, mit 37 Abbildungen im Text. Verlag von Otto Spamer, Leipzig, 1912.

P. P. VON WEIMARN - *Grundzüge der Dispersoidchemie (Éléments de chimie des dispersoïdes).* In-8, VII u. 127 Seiten. Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden, 1911.

J. M. VAN BEMMELEN - *Die Absorption; gesammelte Abhandlungen über Kolloide und Absorption (Recueil de mémoires sur les colloïdes et l'absorption).* Mit Unterstützung des Verfassers neu herausgegeben von Wo. OSTWALD. In-8, XI u. 548 Seiten, mit dem Bilde des Verfassers und zahlreichen Abbildungen im Text. Verlag von Theodor Steinkopff, Dresden, 1911.

Gedenboek aangeboden aan J. M. van Bemmelen (Livre jubilaire offert à J. M. van Bemmelen). In-8, XXIX u. 461 Seiten, mit einem Portrait van Bemmelen's und einigen Abbildungen im Text. Verlag von C. de Boer, jr., Helder (Hollande), 1910.

Que la chimie colloïdale, c'est-à-dire l'étude des systèmes physico-chimiques qui se distinguent par leur développement particulièrement considérable en surface, ait acquis au cours de ces dernières années, en tant que science pure et appliquée, une grande importance, — c'est là un fait bien connu dans les sphères scientifiques et attesté également par le grand nombre d'ouvrages qui se publient sur la question. En rapport avec l'aspect multiple que présente

de nos jours la chimie colloïdale, en rapport aussi avec l'absence momentanée d'une théorie unitaire et universellement reconnue des phénomènes de la chimie colloïdale, les ouvrages dont nous parlons possèdent également un caractère très variable, mettant en avant tantôt les faits, tantôt les hypothèses, cherchant tantôt à donner un tableau aussi objectif que possible des phénomènes, tantôt à faire prévaloir les conceptions personnelles de l'auteur. Toutes ces méthodes si diverses de traiter la chimie colloïdale sont naturellement justifiées, à la condition que le sens critique du lecteur soit en éveil, lorsqu'il aborde des ouvrages où prédomine l'élément subjectif.

Nous pensons que dans l'état actuel de la chimie colloïdale, l'exposé objectif des faits, indépendamment des conceptions subjectives de l'auteur, constitue la principale qualité à laquelle doit satisfaire un traité de chimie colloïdale de quelque importance. Si nous faisons abstraction de l'ouvrage excellent, mais un peu suranné, d'Arthur Müller, nous pouvons dire qu'un traité satisfaisant à cette condition n'a pas existé jusqu'ici; aussi devons-nous saluer avec joie l'initiative de M. Richard Zsigmondy qui, après avoir rendu à la chimie colloïdale des services inappréciables, grâce à sa découverte du principe de l'ultra-microscopie, et par ses autres travaux, moins nombreux que riches en contenu, sur la chimie colloïdale, a su s'acquitter magistralement de cette tâche aussi difficile que désintéressée.

« Le rapide développement de la chimie colloïdale au cours de ces dernières années, dit M. Zsigmondy dans l'introduction à son livre, a eu pour effet l'accumulation d'un grand nombre de faits particuliers dont quelques-uns possèdent aussi une signification générale. La confrontation objective d'un certain nombre de ces faits particuliers permet de poser des règles et constater des régularités applicables soit à certains groupes, soit parfois à l'ensemble des colloïdes. L'importance de ces généralisations est incontestable: mais la généralisation exige de la part du savant beaucoup de tact et un sens critique très développé. Nulle part on n'est autant exposé au danger de faire violence aux faits, voire d'énoncer inconsciemment des données fausses, que dans le domaine de la chimie colloïdale qui s'occupe d'un grand nombre de systèmes dont les particularités individuelles ne sont pas toujours suffisamment prises en considération, sont même souvent insuffisamment connues. Je me suis appliqué dans mon ouvrage à me rapprocher de l'exposé correct des conditions, en appuyant principalement sur la description des systèmes colloïdaux. Et ce faisant j'ai eu plus d'une fois l'occasion d'insister sur des faits et des recherches d'une portée plus générale à propos des colloïdes qui ont conduit à la découverte de ces faits et ont fait l'objet des recherches en question ».

C'est guidé par ces idées directrices que M. Zsigmondy a écrit un excellent ouvrage auquel il faut souhaiter, dans l'intérêt même de l'étude exacte et scientifique de la chimie colloïdale, une vaste diffusion et qui, plus que tout autre, mérite d'être traduit dans des langues étrangères.

*
* *

Les *Éléments de chimie des dispersoïdes,* de M. von Weimarn, présentent un caractère tout à fait différent de celui de l'ouvrage de M. Zsigmondy. • Si ce dernier donne un tableau objectif et critique de la phase de développement actuelle de la chimie colloïdale, l'ouvrage de M. von Weimarn est essentiellement subjectif. Il se base principalement sur les mémoires très nombreux que l'auteur avait publiés au cours de ces dernières années et est, comme la plupart de ses écrits, d'une lecture difficile, bien que tant soit plus facile que ses autres travaux. Il constitue donc une bonne introduction pour ceux qui veulent se familiariser de plus près avec les idées de M. von Weimarn.

L'ouvrage donne principalement la description des moyens de production et celle des propriétés de substances cristallines, cette description se rapportant aux cristaux de différentes dimensions.

*
* *

M. J. M. van Bemmelen, qui vient de mourir à l'âge très avancé de 80 ans, est un classique de la chimie colloïdale. A une époque où l'étude des problèmes de la chimie colloïdale n'était encore poursuivie que par quelques savants isolés, il s'est consacré, avec une patience et une persévérance vraiment hollandaises, à des recherches sur les depôts amorphes. De ces recherches sont nés un grand nombre de travaux précieux, et nous devons savoir gré à M. Wo. Ostwald d'avoir publié en un volume accessible les principales publications de van Bemmelen qui n'existaient jusqu'ici que dans leur langue originale.

Le principal mérite de van Bemmelen consiste à avoir fondé la chimie de l'« absorption », ou, comme nous disons aujourd'hui, de l'« adsorption ». A vrai dire, ce n'est pas lui qui a découvert l'adsorption, quelques cas d'adsorption ayant déjà été recherchés par d'autres auteurs, mais il a été le premier à les soumettre à une investigation systématique et d'ensemble, et c'est sur ses travaux que reposent presque toutes nos connaissances sur la question. Ce n'est que tout dernièrement que van Bemmelen a été dépassé sur quelques points. C'est pourquoi tous ceux qui s'intéressent aux phénomènes d'adsorption, et ils sont nombreux, théoriciens et pra-

ticiens, chimistes, physiciens, agriculteurs, biologistes, médecins, tireront le plus grand profit de la connaissance des mémoires de van Bemmelen et feront bien de consulter cet ouvrage d'ensemble.

***

Van Bemmelen a été un travailleur solitaire; il a dévancé son époque, mais, vers la fin de sa vie, il a eu la joie de voir ses travaux reconnus et appréciés comme ils le méritaient. Suivant une belle coutume scientifique, amis et disciples ont eu l'idée de lui offrir, en signe de leur attachement et de leur vénération, un ouvrage jubilaire rédigé par M. W. P. Jorissen, le *Gedenkboek*. On trouve, parmi les auteurs de cet ouvrage, des représentants de toutes les nations et de toutes les langues du monde civilisé, et ces représentants, usant un langage tantôt sérieux, tantôt plaisant, réussissent à nous donner un tableau complet des tendances qui s'entrecroisent aujourd'hui dans le domaine de la chimie colloïdale.

Clausthal i. H., Bergakademie.

WERNER MECKLENBURG

M. LECLERC DU SABLON - *Les incertitudes de la biologie.* Un vol. in-16 (de la *Bibliothèque de philosophie scientifique*), de 336 pages. Ernest Flammarion, éd., Paris, 1912.

FÉLIX LE DANTEC - *La science de la vie.* Un vol. in-16 (de la *Bibliothèque de philosophie scientifique*), de 321 pages. Ernest Flammarion, éd., Paris, 1912.

Le livre de M. Leclerc du Sablon est destiné, dans la pensée de son auteur, à montrer que la biologie est une science difficile, et que, pas plus qu'il n'est possible à tout le monde de devenir mathématicien, il ne l'est de devenir naturaliste. Le titre aurait plutôt donné à penser qu'il s'agissait d'une tentative antiscientifique, faite pour montrer la faiblesse de la science biologique, tentative analogue à celle de divers savants ou philosophes, qui s'attachèrent à montrer, tâche plus difficile, les incertitudes de la physique et de la mécanique même.

M. Leclerc du Sablon ne paraît pas avoir songé à l'ambiguité de son titre, et d'ailleurs il a une foi entière dans la rigidité des lois physiques, et dans leur simplicité, ce qui laisse croire qu'il n'a suivi que de loin le mouvement scientifique actuel dans ces branches de la science.

Quoiqu'il en soit, comment a été réalisé ce but de mettre en évidence la complexité de la science biologique? L'auteur a sans doute pensé qu'il ne fallait pas un plan trop simple quand il s'agissait de faire ressortir la complexité d'une science, et, de fait, sa table des chapitres est d'aspect tellement hétérogène qu'il a jugé nécessaire, dans son avant-propos, de relier en un résumé sommaire les différents points envisagés.

Après un chapitre de méthodologie, l'auteur considère les erreurs qui proviennent de l'usage des causes finales, et l'obstacle apporté au progrès de nos connaissances par les idées préconçues; il montre ensuite les difficultés qui proviennent du langage, de l'évolution du sens des mots, puis celles tenant à la multiplicité des conditions en jeu dans les manifestations de la vie, enfin celles qui relèvent de la multiplicité des formes d'adaptation mutuelle des êtres vivants, limitant la possibilité des extensions analogiques.

Viennent ensuite un chapitre sur l'équilibre physiologique impliqué par la vie, dont on ne voit pas très bien la raison d'être dans le volume, puis un autre sur la complexité des lois naturelles, qui, au fur et à mesure qu'elles gagnent en exactitude, perdent en simplicité. Enfin M. Leclerc du Sablon montre le caractère subjectif des classifications des phénomènes biologiques, situe le domaine de la vie, intermédiaire entre le domaine physique et le domaine moral, et se hausse à une classification générale des sciences.

En somme, il y a dans ce livre beaucoup d'idées incontestablement justes, certaines intéressantes, certaines banales, quelques conceptions discutables, une terminologie parfois bien incertaine (le libre arbitre se trouve invoqué pour désigner simplement une décision prise après délibération, alors que ce terme a un sens métaphysique qui ne permet pas de l'utiliser comme vocable psychologique), mais surtout, et c'est là ce qui fait sa valeur et son utilité, il y a beaucoup de faits, d'exemples, empruntés plus particulièrement à la botanique, — l'auteur étant botaniste —, et qui peuvent contribuer à l'éducation d'un public instruit.

Il y a là un ouvrage de philosophie scientifique, et, si la thèse philosophique est frêle, et forme un cadre quelque peu artificiel aux faits réunis, l'illustration scientifique est multiple, et fournit des documents utiles pour la vulgarisation de la biologie, principalement de la biologie végétale.

Parmi les exemples utilisés, on peut citer, comme plus intéressants, le rôle immédiat des nectaires dans la vie des plantes; l'inutilité de la transpiration végétale; le rôle des stomates; la fièvre végétale; l'adaptation réciproque du Blastophage et du Figuier; la symbiose des Orchidées d'après les travaux de Noël Bernard, etc.

On verrait avec plaisir ce livre entre les mains des étudiants.

* * *

Je serais moins tenté d'en dire autant du livre de M. Le Dantec sur la *Science de la vie.* Ici, les faits n'ont qu'une importance secondaire vis-à-vis de la thèse philosophique, véritablement essentielle, car M. Le Dantec est avant tout un esprit synthétique et abstrait. Mais, justement parce qu'il établit une théorie générale qu'il juge satisfaisante et définitive, loin des « incertitudes » particulières, M. Le Dantec est dangereux pour les jeunes gens, déjà trop enclins à se contenter d'idées générales au lieu de pénétrer le détail des faits complexes.

L'auteur juge cette fois qu'il a fait « le tour » de la Biologie, et qu'il a réussi à accomplir son rêve de jeunesse, la construction d'une « biologie déductive » dans laquelle apparaît l'« admirable unité des phénomènes vitaux ». Cette unité n'apparaît évidemment qu'en se plaçant assez haut. Mais alors, selon M. Le Dantec, on peut réduire ce qu'il y a de général dans la science de la vie, ce que celle-ci a de proprement scientifique, à quelques propositions, à quelques théorèmes fondamentaux, que nous allons énumérer, non sans songer à Spinoza, et à l'immortelle mais épineuse méthode de l'Ethique.

Après avoir défini la vie comme étant un « conquérant d'espace », — car l'espace, occupé paisiblement par un corps inerte, doit être conquis par le « phénomène vie », sans quoi, si la vie cesse, comme une flamme qui s'éteint, l'espace est immédiatement occupé par d'autres phénomènes se substituant au premier —, l'auteur exprime que la vie est un phénomène qui continue, sous cette forme qui lui paraît absolument rigoureuse:

« Théorème I. Le résultat de la lutte entre un corps vivant considéré à un moment donné de son existence et les conquérants d'espace qui l'entourent et l'assiègent à ce moment précis est personnel par rapport au corps vivant ».

Autrement dit, ce qu'un être vivant fait lui est plus proche qu'à aucun autre. Cette spécificité a un double aspect, dont l'autre face est mise en évidence par la proposition suivante:

« Théorème II. Le résultat de la lutte entre un corps vivant considéré à un moment précis de son existence et un conquérant d'espace faisant partie du milieu qui l'assiège à ce moment précis est personnel par rapport au conquérant d'espace considéré ».

Alors que le premier théorème exprimait l'« assimilation », le second exprime l'« imitation »; il pourrait s'appeler « théorème de Bordet », généralisant l'expérience de Bordet, — sur la précipitation spécifique avec le lait de vache du sérum de cobaye ayant reçu des injections de ce lait —, et permettant de prévoir les faits de sérothérapie.

Les théorèmes suivants concernent la morphologie et généralisent des expériences de mérotomie:

« Théorème III. Les ouvriers du phénomène vital d'assimilation sont de dimension inférieure à la dimension cellulaire ».

« Théorème IV. L'individu qui régénère sa forme après troncature est un mécanisme unique ».

Un corollaire de ce théorème conduit à considérer les formes à diverses échelles, la forme étant seulement l'« ensemble des caractères auxquelles nous reconnaissons un mécanisme ». D'autre part la reconstruction d'une forme spécifique par un morceau de substance vivante détaché conduit au « théorème fondamental d'hérédité », ou « théorème morphobiologique »:

« Théorème V. Il y a des liaisons entre les phénomènes de l'échelle protoplasmique et ceux de l'échelle mécanique ».

La caractéristique individuelle est exprimée par cette nouvelle proposition:

« Théorème VI. Dans tout individu-mécanisme adapté à ses conditions actuelles de milieu toutes les cellules et même tous les petits ouvriers de l'assimilation ont en commun un ensemble de propriétés personnelles qui est la caractéristique de l'individu, le patrimoine individuel ».

Les expériences de mérotomie imposent en outre ce fait général:

« Théorème VII. La vie de l'être cellulaire et de la cellule en général est un phénomène bipolaire ».

La notion de contrainte qui provoque une variation (caractère acquis) ayant pour résultat de diminuer la gêne, conduit au Théorème VIII, exprimant, sous une forme plus détaillée, cet énoncé antérieur fort concis, d'une proposition dont une conséquence est que « la fonction crée l'organe »: La vie a horreur de la contrainte. Des corollaires concernent l'hérédité des caractères acquis, un caractère nouveau « vraiment acquis » provoquant la modification du patrimoine individuel, aussi bien dans les éléments reproducteurs que dans les autres.

Enfin un dernier théorème concerne les faits de conscience:

« Théorème IX. Toute contrainte qui a pour effet de modifier la vitesse ou la tendance d'un phénomène vital s'accompagne d'un éveil de conscience qui traduit fidèlement la variation objective correspondante. Quand la variation adaptative s'est produite de manière à faire disparaître la gêne résultant de la contrainte, l'éveil de conscience disparaît; si la gêne diminue sans disparaître, l'éveil de conscience perd seulement de son intensité ».

Il y a là une idée exprimée souvent sous cette forme que l'habitude rend inconscients les phénomènes psychiques.

Il est difficile, M. Le Dantec dira évidemment impossible, de critiquer ces énoncés très généraux, sauf pourtant celui qui concerne

les phénomènes de conscience, et qui n'est pas susceptible de vérification scientifique. Mais les propositions ne sont elles pas souvent un peu vagues, comme celle du Théorème V: Il y a des liaisons....

La critique, en tout cas, peut porter sur une question de valeur: A quoi répond une Biologie générale déductive? M. Le Dantec la juge nécessaire pour la satisfaction de l'esprit, et il s'en trouve satisfait réellement; de ce point de vue subjectif, je dois avouer que je n'éprouve pas pleinement la même satisfaction que M. Le Dantec.

Mais cette Biologie est-elle utile à la marche, au progrès de la science? De cela je ne suis pas convaincu. Une hypothèse, une théorie, une conception générale, en dehors des satisfactions subjectives, de caractère en somme esthétique, qu'elle procure, peut avoir une valeur utilitaire, un rôle heuristique, en provoquant des découvertes de faits nouveaux ou des conceptions d'idées elles-mêmes fécondes.

Si la découverte de l'anaphylaxie, ou du « phénomène de Bordet », ou de quelque méthode sérothérapique avait été ou devait être la conséquence des théorèmes de la Biologie déductive, celle-ci prendrait de ce chef une haute valeur. Je souhaite qu'elle se montre ainsi féconde, mais je crains qu'elle reste trop vague à l'heure actuelle, — parce que la tentative est prématurée —, pour avoir cette fécondité qu'ont manifestée les grandes lois physiques. Et l'avenir nous reste fermé.

Comme méthode d'exposition des résultats acquis de la science, d'autre part, la forme mathématique paraîtra longtemps encore trop rébarbative aux biologistes, habitués à la considération des faits concrets, pour se répandre beaucoup dans ce milieu, malgré le très grand talent de M. Le Dantec.

Paris, Sorbonne.

HENRI PIÉRON

O. KELLER - *Die antike Tierwelt (Le monde animal d'après l'antiquité).* Deux volumes in-8. I. Bd. de 434 pages, avec 145 figures et 3 planches, 1909; II. Bd. de 618 pages, avec 161 figures et 2 planches, 1913. Wilhelm Engelmann, éd., Leipzig.

O. BÜTSCHLI - *Vorlesungen über vergleichende Anatomie (Leçons d'anatomie comparée).* I. und II. Lieferung; 644 pages, avec 451 figures. Wilhelm Engelmann, éd., Leipzig, 1910-1912.

E. RÁDL - *Neue Lehre vom zentralen Nervensystem (Nouvelle théorie concernant le système nerveux central).* Un volume in-8, de 496 pages, avec 100 figures. Wilhelm Engelmann, éd., Leipzig, 1912.

Tous les naturalistes doivent saluer avec joie ce livre écrit par M. O. Keller, auteur déjà connu dans le domaine philologique comme

critique d'Horace. C'est seulement grâce à ce livre que nous pouvons nous faire une idée de la façon dont les artistes antiques, non seulement grecs et romains, mais encore assyriens, babyloniens, égyptiens, etc., se représentaient les animaux. L'ouvrage, aujourd'hui complet en deux volumes, porte sur l'art figuré, sculptural et pictural, ayant pour objet aussi bien les invertébrés que les vertébrés. C'est un livre qui devrait avoir sa place sur la table de tout philologue et de tout naturaliste.

Les gravures sont assez bien choisies et l'ouvrage est pourvu en outre de planches admirablement exécutées. En observant ces reproductions, alors même qu'elles représentent des travaux d'artistes primitifs, on ne peut s'empêcher d'admirer le soin que ceux-ci ont mis à reproduire avec vérité tous les animaux. C'est ce grand amour de la vérité qui provoque notre enthousiasme, bien qu'il s'agisse parfois de figures et de dessins exécutés avec une technique absolument primitive au sens moderne du mot.

Il y a bien çà et là quelques lacunes, mais elles sont rares: c'est ainsi par exemple que l'auteur ne parle pas du « chien cirneque », qui était très répandu dans la Grande Grèce et était amplement reproduit aussi bien par la sculpture que sur les pièces de monnaie de ces peuples; de cet animal quelques exemplaires seulement ont survécu jusqu'à nos jours en Sicile.

J'exprime le souhait que ce livre réussisse à faire naître chez quelque artiste-littérateur l'idée de s'associer avec un savant cultivant les sciences naturelles, pour mettre au jour des publications traitant de la reproduction d'animaux par les arts figurées à des époques postérieures à celles étudiées dans ce travail. Des ouvrages de ce genre auraient une grande valeur, non seulement au point de vue historique et artistique, mais aussi au point de vue des sciences naturelles, de la zootechnie et de l'eugénique en particulier. Quant à la collaboration, telle que nous la préconisons, sa valeur serait inestimable.

Si M. Keller avait pu s'adjoindre un collaborateur scientifique, on ne trouverait pas dans son livre certaines inexactitudes, par exemple dans la détermination des espèces de différents poissons, ainsi que j'ai pu m'en convaincre en vérifiant et en revoyant scrupuleusement les originaux des mosaïques du Musée National de Naples qui se trouvent reproduits dans son ouvrage.

Des livres de ce genre sont nature à stimuler aussi bien le naturaliste que l'artiste à reprendre et à continuer la même tâche.

A notre époque, en effet, le savant se soustrait un peu trop aux impressions esthétiques que peut susciter en lui la contemplation du règne animal. On peut considérer comme une honorable exception sous ce rapport Ernest Haeckel avec ses *Formes marines artistiques:* il est probable que le grand savant y a porté son at-

tention aussi bien pour y trouver un repos nécessaire après la longue et assidue recherche scientifique que pour satisfaire son grand sens esthétique.

Un vrai naturaliste, loin de rester inaccessible aux différentes manifestations du beau, doit avoir l'esprit assez large pour les accueillir et savoir en jouir.

En ce qui concerne les artistes modernes, on doit constater avec regret qu'ils s'interdisent tous plus ou moins la représentation des animaux. Le dernier grand peintre animalier a été Palizzi, et c'est avec un sentiment d'admiration qu'on examine, dans la Galerie d'art moderne, à Rome, les tableaux et cartons laissés par ce grand maître. Dans quelques-uns, l'animal n'est pas seulement ébauché, mais est encore considéré par rapport au milieu ambiant (par exemple représentations de mimétisme).

⁂

La publication d'un manuel scolaire ou d'un cours de leçons par un professeur expérimenté, qui est en même temps un habile investigateur non seulement dans le domaine des matières qu'il enseigne, mais encore dans des domaines voisins, doit toujours être accueillie avec grand plaisir.

Tel est précisément le cas des *Léçons d'anatomie comparée,* de M. Bütschli, le professeur bien connu de l'Université de Heidelberg, leçons dont ont déjà paru deux volumineux fascicules.

L'auteur, après une revue rapide et très synthétique des différents groupes animaux et de leurs différents systèmes, s'occupe de l'anatomie comparée des protozoaires. Dans ce domaine, l'auteur s'est fait connaître par des recherches vraiment fondamentales, et il donne ici en quelques pages une esquisse complète des différents systèmes de ces animaux.

Dans les chapitres suivants, il s'occupe du tégument et du squelette des métazoaires, de la musculature, des organes électriques et du système nerveux.

Le grand mérite de l'ouvrage consiste non seulement en ce qu'il expose d'une façon synthétique et très claire tout ce que nous savons jusqu'à présent de précis sur un système donné ou sur un groupe d'animaux donné, mais encore en ce que cet exposé est accompagné de figures schématiques, dont quelques-unes coloriées, qui font comprendre immédiatement une question déterminée.

Beaucoup de ces figures sont l'œuvre de ses élèves qui ne doivent pas être oubliés, parce qu'ils ont bien accompli ce que leur avait demandé le maître, lequel, de son côté, a su admirablement coordonner l'œuvre de tous. M. Bütschli a encore eu le grand mérite d'éviter non seulement les longues listes d'auteurs, mais en-

core les différentes digressions polémiques qui ne réussissent qu'à obscurcir l'exposé d'une question.

Cette publication porte une empreinte toute personnelle et peut être considérée comme un véritable texte de consultation, à l'usage des investigateurs et des savants s'intéressant à l'anatomie comparée des invertébrés et des vertébrés.



L'auteur du dernier des trois livres dont nous avons transcrit plus haut les titres part de ce concept qu'il existe des lois générales de structure valables pour tous les organismes, indépendamment des différences que peuvent présenter ces derniers, quant à leur position systématique. Il passe en revue, avec beaucoup d'érudition, toutes les études et toutes les théories avancées par différents auteurs, dans le but d'expliquer la structure du système nerveux des animaux; et après avoir constaté que peu de naturalistes ont, dans ce domaine, porté leurs recherches sur les invertébrés, il parle de la nécessité d'une morphologie rationnelle comparée qui pourra, à son avis, expliquer beaucoup de faits, restés obscurs jusqu'à ce jour, relatifs à la structure du système nerveux et des organes de sens. Il ajoute que son livre est spécialement destiné à prouver la possibilité d'une pareille science, indépendamment de toute phylogénie (il rejette absolument la théorie darwinienne) et de toute hypothèse psychologique ou physiologique.

Invoquant les études comparées, l'auteur considère comme un dogme l'unité du monde organique; et il se base spécialement sur le fait qu'il existe des lois morphologiques qui, de même qu'elles déterminent la forme extérieure des corps, dominent leur structure intime et leur position, et cela aussi bien chez les vertébrés que chez les insectes, les mollusques et les vers.

Par exemple, les yeux, les ganglions nerveux (leur convexité ou concavité, la position des cellules ganglionnaires, le point d'entrée des voies nerveuses et leur subdivision dans les ganglions), la structure des fibrilles nerveuses, bref toutes les parties du système nerveux, considéré dans son ensemble, sont régies par les mêmes lois structurales chez tous les animaux. L'auteur a trouvé, contrairement à ce que les auteurs avaient prétendu jusqu'à ce jour, que la constitution des centres visuels de tous les animaux est subordonnée à un seul et même type: l'asymétrie règne en souveraine dans ces centres, les courbures en forme de cascade des fibrilles nerveuses s'observent aussi bien chez les vers que chez l'homme, l'inversion des ganglions et le croisement des nerfs visuels sont soumis aux mêmes lois chez tous les animaux.

L'auteur ajoute enfin que des lois structurales (et fonctionnelles)

analogues peuvent se rencontrer également dans d'autres systèmes du règne animal: c'est d'ailleurs de là que proviendrait l'unité du plan structural (et fonctionnel) d'après lequel sont constitués les corps vivants.

Notons, pour terminer, que l'analyse morphologique du système nerveux central, telle qu'elle a été faite par l'auteur, aboutit naturellement à une émancipation de la science anatomique de certaines hypothèses psychologiques; il découle, des faits qu'il expose, une autre psychologie, exacte et objective, applicable aussi bien à l'homme qu'aux animaux.

Napoli, Aquarium, Stazione Zoologica.

OSV. POLIMANTI

BAJENOFF et OSSIPOFF - *La suggestion et ses limites.* Un vol. in-16 (de la *Collection de psychologie expérimentale et de métapsychie*), de 116 pages. Bloud et C.ie, éd., Paris, 1912.

P. MEUNIER et R. MASSELON - *Les rêves et leur interprétation. Essai de psychologie morbide.* Un vol. in-16 (de la *Collection de psychologie expérimentale et de métapsychie*), de 213 pages. Bloud et C.ie, éd., Paris, 1911.

E. ABRAMOWSKI - *L'analyse physiologique de la perception.* Un vol. in-16 (de la *Collection de psychologie expérimentale et de métapsychie*), de 121 pages. Bloud et C.ie, éd., Paris, 1912.

La « Collection de psychologie expérimentale et de métapsychie » dirigée par P. Meunier vise à constituer « un essai synthétique sur l'ensemble des questions psychologiques et des problèmes qui s'y rattachent ». Elle doit se composer d'études historiques, de questions classiques revues du point de vue scientifique, enfin de monographies originales pénétrant jusque dans les domaines voisins de la psychologie ethnique, comparée, pathologique et de la métapsychie. Des volumes de cette Collection nous avons extrait les trois suivants qui semblent démonstratifs de l'esprit qui anime cette intéressante tentative.

***

La 1ère étude sur *La suggestion et ses limites* semble relever du genre historique: elle est malheureusement fort peu synthétique. Les divers problèmes relatifs à la nature de la suggestion (Est-elle due uniquement à l'automatisme psychologique du sujet, ou y a-t-il place pour une action personnelle du suggestionneur?); — à ses rapports avec l'hypnotisme (Y a-t-il harmonie ou antagonisme entre eux?); — à son domaine (Est-on normalement suggestible, ou est-ce

un symptôme déjà pathologique?); — à ses limites (Est-elle obéie aveuglément ou peut-on lui résister?), ne peuvent être ici qu'exposés, car leur solution dépend d'expériences nouvelles, longues et ardues, et non pas de la simple comparaison des opinions. Encore ces problèmes sont-ils plutôt mélangés et brouillés qu'exposés, à travers des digressions, des citations littéraires, d'ailleurs agréables, mais qui loin de fournir une conclusion, ne donnent même pas tous les éléments de la discussion.

***

Le travail de MM. Meunier et Masselon sur *Les rêves et leur interprétation* étend la portée d'une question psychologique jusque dans la clinique médicale. Sans doute, au début, ils analysent le mécanisme du rêve et, le comparant à l'hallucination hypnagogique, ils arrivent à cette définition: « une succession d'hallucinations hypnagogiques suscitées et orientées parfois par le mécanisme simple de l'association des idées, plus souvent par un état affectif, à la base duquel on découvre de rares sensations auditives et de fréquentes sensations cutanéo-motrices ou de la sensibilité générale ».

Mais ils visent surtout à lui donner une place en séméiologie: le rêve banal, de l'homme sain, toujours léger et fugace les occupe moins que le rêve pathologique, plus fixe, puisqu'il va jusqu'au rêve stéréotypé, plus intense puisqu'il envahit l'état de veille, devenant un délire: l'onirisme. En clinique générale, cependant, les rêves sont peu intéressants, parce que tardifs. Qu'il s'agisse d'affections pulmonaires, cardiaques, gastriques, cérébrales, ils sont néanmoins caractéristiques et s'il arrive qu'ils soient d'ordre général, dans un malaise passager par exemple, d'ordinaire ils ne font que traduire par une douleur imagée le trouble viscéral. Au cours des infections, des intoxications exogènes ou endogènes, le rêve peut atteindre au délire. Mais, c'est en clinique mentale qu'il prend toute son importance: car, si on le voit au cours de l'évolution des névroses, des vésanies, il est souvent un signe de début. La désagrégation psychique de l'hystérie, vraie tendance au dédoublement de la personnalité, les attaques de l'épilepsie, allant à la confusion mentale avec obnubilation, apparaissent fréquemment dans les rêves avant qu'ait été troublée la personnalité consciente de l'état de veille. De même, chez les dégénérés, les mélancoliques, les cycliques, les paralytiques généraux, le rêve peut marquer le début des accidents. Il est encore d'intérêt primordial lorsqu'il alimente le délire, et il faut chercher dans ce sens l'origine de visions hallucinatoires dont l'interprétation conduit l'hystérique ou le dément à tout un système délirant. Dans tous ces cas, il est indispensable de savoir critiquer le rêve et les circonstances auxquelles il emprunte

sa valeur sont: la douleur, le réveil au milieu de la nuit, l'homogénéité, la persistance du souvenir, et surtout « la stéréotypie ».

Ainsi posée, la question paraît heureusement traitée; ce livre, d'une forme psychologique, peut rendre service à tout clinicien. Peut-être, pour être complet, devrait-on insister davantage dans le mécanisme du rêve normal sur la réviviscence des impressions toutes fraîches ressenties à l'état de veille avec vivacité, émotion, et signaler comme un rêve très particulier, bien caractérisé, mais encore obscur à expliquer, le rêve télépathique, si fréquent.



Enfin l'ouvrage de M. Abramowski sur *L'analyse physiologique de la perception* essaie de traduire en langage anatomo-physiologique des théories familières aux psychologues. L'expérimentation sur l'animal, la méthode anatomo-clinique permettent d'établir certaines correspondances: la sensation point de départ relève du jeu des neurônes sensoriels, périphériques et corticaux (cônes et bâtonnets de la rétine, écorce de la régione calcarine dans le cas d'une perception visuelle); tout le travail ultérieur de confrontation avec des images évoquées qui aboutit à une connaissance claire dépend de l'activité des neurônes « mnésiques » des lobes frontaux.

A ces deux groupes l'auteur en ajoute deux autres: « les éléments cénésthésiques présidant aux fonctions organiques, qui influent sur le ton émotionnel de la perception, et les éléments soumis aux excitations des autres sens, restées à ce moment inconscientes, mais dont l'activité influe néanmoins sur notre manière de sentir la perception consciente ». Ceci nous semble psychologiquement inadmissible, sinon peut-être pour les sensations cénesthésiques, toujours subconscientes, du moins pour les autres sens: quand bien même la perception d'une rose diffère suivant qu'en même temps l'oreille est, ou non, frappée par un chant d'oiseau, il est faux que celui-ci ne soit qu'une nuance de la perception visuelle, parce qu'entre les deux, il y a, pour la conscience, hétérogénéité absolue.

Mais, tandis que, selon nous, à un moment donné, la conscience, outre une perception visuelle, renferme une foule d'autres états (sensations auditives, tactiles, etc.), si bien que son unité est purement subjective, et apparaît même d'autant plus nette par l'intégration continue d'objets multiples et divers, l'auteur se refuse à ces distinctions, et (sous le nom de perception) considère en bloc son contenu au moment donné, ce qui donne à « l'unité de la conscience » une valeur abusive, et, en tous cas, artificielle. Pour lui, en effet, son « corrélatif physiologique » comprend non seulement les neurônes en activité, mais tous les tissus, puisque leur vie est régie par le système nerveux; d'autre part, les neurônes, fonctionnelle-

ment différenciés, n'ont chacun qu'une manière de réagir à toute excitation, et cette activité qui se traduit par la conscience ne peut pas être autre chose que le processus vital, nutritif, phénomène essentiellement chimique d'assimilation et de désassimilation. Par suite, l'organisme entier se dédouble en deux parties: l'une, vivante, dont l'activité se reflète dans la conscience, l'autre « endormie »; les variations continuelles de ces deux parties entraînent les variations concomitantes de la conscience, et les types possibles de ces variations, ou modes nouveaux de groupement des cellules actives s'identifient (après coup) aux phénomènes psychologiques les plus simples.

Mais, si séduisante que soit cette théorie, basée sur l'hypothèse de l'identité rigoureuse de la vie et de la conscience, elle est passible d'objections dans le détail. Nous ferons remarquer notamment que les tendances biologiques modernes différencient et opposent l'action nerveuse, plutôt comparable aux agents physiques tels que l'électricité, et les réactions dues aux modifications chimiques des milieux (action des hormones). D'autre part, prise à la lettre, cette théorie conduit à quelques conséquences absurdes: faut-il considérer comme ralenti, comme « endormi » un organe qui, comme le rein ou le pancrées, à moins d'être le siège d'accidents aigus, n'éveille jamais la voix de la conscience?

Paris.

J. AUZOLAT-BOIRAC

LUIGI SUALI - *Introduzione allo studio della filosofia indiana (Introduction à l'étude de la philosophie hindoue).* Un vol. in-8 (de la *Biblioteca di filosofia e di pedagogia),* de XVI-478 pages. Mattei & C., éd., Pavia, 1913.

S. N. PATTEN - *The social Basis of Religion (La base sociale de la religion).* Un vol. in-12 (de la *American Social Progress Series*), de XVIII-247 pages. The Macmillan Company, éd., New-York, 1911.

La philosophie hindoue est née, comme la philosophie grecque, de la théologie, ce qui équivaut à dire de la mythologie. Étudier le lent développement de la spéculation, depuis la phase religieuse jusqu'à la phase philosophique, comparer les divers modes d'actualisation de ce processus dans la pensée des différents peuples, recueillir les traits caractéristiques de ce développement dans l'histoire de la pensée hindoue, comme d'autres l'ont fait pour l'histoire de la pensée occidentale (cfr. FR. MC DONALD, *From religion to philosophy: study in the origins of western civilisation,* New-York, 1912), telle est la tâche qui incombe à quiconque veut écrire une Introduction à l'*histoire* de la philosophie hindoue. L'ouvrage de M. Suali

ne veut être et n'est, à proprement parler, qu'une Introduction à l'*étude* de la philosophie hindoue, et comme tel il présente principalement un caractère propédeutique.

L'école des philosophes ioniens a ses précédents chez Hésiode. Dans la pensée hindoue on constate un moment ou, du sein de la tradition théologique védico-brahmanique, qui atteint déjà son point culminant dans les Upanishads, se détache un germe indépendant de pensée philosophico-scientifique proprement dite. Ce germe, alimenté d'abord par la spéculation hétérodoxe et négatrice du Bouddhisme et du Jainisme, se manifeste graduellement dans des formes de plus en plus concrètes. Il naît ainsi un système véritable et proprement dit de logique et de théorie de la connaissance, qui atteint son point culminant dans les deux écoles du *nyâya* et du *vaiçeshika*.

Les origines de ces deux systèmes correspondent, en fait, au besoin ressenti par l'esprit hindou d'abandonner la spéculation mystique des Upanishads, afin d'aboutir à une claire vision de la réalité et des moyens propres à la faire connaître. Cette nouvelle tendance, qui avait réussi à s'affirmer à travers une série d'actions et de réactions réciproques entre la pensée brahmanique et la pensée hétérodoxe, spécialement bouddhiste (les jainas occupent une position à peu près intermédiaire), possède son premier document littéraire, pour le *nyâya*, dans le recueil d'aphorismes de Gotama *(Nyâyadarçana)* et, pour le *vaiçeshika*, dans le recueil d'aphorismes de Kaṇada *(Vaiçeshikadarçana)*, qui ont été composés entre 200 et 500 après J.-C., et représentent, par conséquent, non la fondation, mais la tardive codification des deux écoles. Pendant les v[e] et vi[e] siècles après J.-C., ces deux écrits aphoristiques acquièrent peu à peu la forme de systèmes, grâce au travail des commentateurs. Vient ensuite une période de décadence qui correspond à la prédominance d'autres systèmes. Puis, vers le milieu du ix[e] siècle, il se produit une renaissance de la spéculation autour du *nyâya* et du *vaiçeshika*, mais avec un caractère quelque peu modifié. Tandis que cette spéculation avait semblé au début s'orienter vers les tendances réalistes scientifiques et positives et se rapprocher du matérialisme, Udâyana (xiii[e] siècle) lui imprima le cachet du théisme philosophique associé à la vénération des Veda, ce qui contribua à fixer le caractère orthodoxe du *nyâya-vaiçeshika*. A partir du xi[e] siècle, on voit se manifester des tendances au rapprochement des deux systèmes. Ces tendances, qui n'ont cessé de s'accentuer au cours des temps modernes, ont abouti à un syncrétisme véritable et proprement dit, les deux systèmes ayant fini par être fusionnés et consolidés en un seul, qui devient désormais le système logique classique et commun à toutes les écoles philosophiques de l'Inde.

L'ouvrage de M. Suali est une consciencieuse monographie sur

le système *nyâya-vaiçeshika*. Et comme ce système n'est pas seulement le plus réaliste de tous, mais donne encore la clef pour la connaissance des autres et constitue la phase préliminare indispensable dans l'étude de toute autre doctrine philosophique de l'Inde, c'est en ce sens que le livre de M. Suali forme une *introduction*, et une introduction vraiment excellente, à l'étude de la philosophie hindoue.

∴

Malgré son titre, le livre de M. Patten n'a rien à voir avec les idées de M. Durkheim et de son école sur la sociologie religieuse. Les bases sociales de la religion sont, d'après M. Patten, d'ordre économique. Le livre a pour frontispice l'épigraphe: *Sin is Misery; Misery is Poverty; the Antidote of Poverty is Income.* La faute, l'immoralité, la misère sont autant d'aspects divers du problème social, lequel est destiné à avoir des solutions diverses, selon les conditions économiques de chaque époque considérée. Les idées sont des produits sociaux; empruntées à l'ambiance, elles varient avec les variations de celle-ci et en rapport avec les conditions économiques. La religion est, elle aussi, un produit naturel de l'ambiance. Elle dépend d'un rapport entre les conditions extérieures (sociales) et les réactions intérieures (individuelles). La dégénérescence (produit des conditions extérieures) et la régénération (réaction intime contre l'ambiance) sont les termes corrélatifs du fait religieux. Toute perturbation dans les processus de croissance, toute insuffisance de nutrition produisent la dégénéréscence. Contre celle-ci réagit la volonté, non en tant que produit de la raison, mais dans la mesure seulement où elle dépend d'un surplus d'énergie. Ainsi se produit la régénération qui constitue la tâche spécifique et la justification de la religion. Certes, l'histoire nous montre une religion qui, loin d'être une affirmation d'énergie, apparaît plutôt comme un cri de douleur. Mais cela dépend de causes historiques purement contingentes. Aux époques primitives, la religion a dû avoir un caractère énergétique et joyeux. Les tristes conditions de milieu des régions de l'Asie Occidentale où se sont développées les civilisations antiques, de même qu'elles ont déterminé les incessants déplacements des peuples, ont imprimé à la religion un caractère de tristesse douloureuse. Ce caractère, la religion l'avait gardé même après l'avènement du Christianisme, lequel a d'ailleurs propagé à travers le monde occidental les vieilles idées asiatiques. L'histoire ultérieure du Christianisme ne présente d'ailleurs sous ce rapport aucune amélioration. Et pourtant l'idée chrétienne implique virtuellement l'esprit d'une religion de force et de joyeuse sérénité. Ce furent les conditions de l'ambiance qui, pendant des

siècles, se sont opposées à ce que cet esprit se manifestât dans la vie religieuse. Il a fallu que la civilisation se déplaçât, à travers l'Europe, vers les régions du Nord (Allemagne, Angleterre), capables de développer une meilleure ambiance économique, pour que la religion y assumât le ton d'efficacité sereine et féconde au sens social, en abandonnant celui du renoncement. La fonction sociale de la religion ne peut être autre que celle de favoriser la régénération et de s'opposer à la dégénérescence. Et le christianisme renferme en lui la possibilité de se transformer dans cette direction et de remplir dans la société moderne cette mission religieuse. Les doctrines fondamentales du Christianisme peuvent en effet être traduites en langage social: l'idée de la chute du premier homme est celle de la dégénérescence fatale de l'humanité: le concept de la rédemption est celui de la régénération des dégénérés qui doivent être, non éliminés, mais réintégrés dans la société.

Roma, Università.

RAFFAELE PETTAZZONI

WALTER T. LAYTON - *An Introduction to the Study of Prices (Introduction à l'étude des prix).* Un vol. in-12, de XI-158 pages, avec 4 tables h. texte. Macmillan & Co., éd., London, 1912.

MARCEL LENOIR - *Études sur la formation et le mouvement des prix.* Un vol. in-8, de VIII-201 pages avec 18 tableaux et 30 diagrammes. M. Giard & E. Brière, éd., Paris, 1913.

W. CUNNINGHAM - *The Case against free Trade (Contre le libre-échange).* Un vol. in-12, de XVI-137 pages. John Murray, éd., London, 1911.

M. ANSIAUX - *Principes de la politique régulatrice des changes.* Un vol. in-8, de IV-259 pages. Misch & Thron, éd., Bruxelles et Leipzig, 1910.

On peut dire que l'augmentation générale des prix constitue presque une question à la mode: tout le monde s'y passionne, tous désirent en connaître les causes. Le livre de M. Layton est seulement, ainsi que l'indique son titre, un manuel préparatoire. Il est fait pour ceux qui ne sont pas encore vérsés dans ces matières. Et il semble que l'auteur y a bien réussi.

Il explique, dans les premiers chapitres, ce qu'est le niveau général des prix, comment il se mesure et de quoi il dépend. Des prix élevés signifient un faible pouvoir d'acquisition de la monnaie; et ce pouvoir d'acquisition diminue, lorsque la quantité d'or disponible augmente. L'auteur rattache l'augmentation générale des prix à l'augmentation de la production de l'or. Il reconnaît toutefois que les variations dans la production de l'or ne sont pas la cause unique des variations des prix.

Dans les chapitres suivants se trouve tracée une brève esquisse de l'histoire des prix de 1820 à 1890. Le volume renferme dans un appendice d'intéressants tableaux et diagrammes.

***

Le livre de M. Lenoir comprend deux parties qui sont traitées indépendamment l'une de l'autre, alors qu'elles devraient se compléter mutuellement. La première, relative à la formation des prix, est une « étude théorique » et développe la théorie mathématique des prix, fondée sur les courbes d'indifférence; la deuxième, concernant le mouvement des prix, est une « étude statistique » et contient un examen très rapide des variations des prix de certains produits, tels que le charbon, le blé, le coton, le café, plutôt que des variations des prix en général.

L'auteur paraît très satisfait de ses études statistiques et en donne les raisons, qui sont au nombre de deux. La première est que ses études prouvent l'existence de lois économiques: ce sont pourtant des lois « contingentes », et il a mesuré cette contingence. En deuxième lieu, ses études montrent quelles sont les « influences générales » (seraient-ce des lois par hasard?) qui gouvernent les prix, à savoir: pour de courtes périodes, on constate l'existence de cycles économiques, mais on perçoit aussi les variations capricieuses des récoltes; pour les périodes séculaires, on constate l'« influence de la situation monétaire ». Les personnes habituées aux raisonnements économiques sérieux éprouveront une certaine impression en lisant des phrases comme celles-ci, par lesquelles l'auteur termine son livre: « Sans doute, ce ne sont point là des nouveautés. L'existence de lois économiques, la généralité des cycles, l'influence des récoltes, la théorie quantitative, tout cela se révèle au simple examen attentif des faits. Une vérification précise n'est pourtant pas inutile ».

Quel singulier mélange de lois économiques et de récoltes; et comme il paraît étrange de voir la théorie quantitative exposée indépendamment des lois économiques, comme si cette théorie n'était pas un énoncé de lois économiques!

***

M. Cunningham, connu par ses travaux sur l'histoire économique de l'Angleterre, est un de ces « grands Anglais » qui voudrait fonder l'Empire colonial et ne peuvent pour cette raison souffrir les « petits Anglais » qui préfèrent avoir les vivres à bon marché, plutôt que de se sacrifier pour l'« imperial duty », le « devoir impérial ». *The Case against free Trade* voudrait être un livre de

propagande contre le libre-échange. Sa lecture ne révèle aucune raison nouvelle, en plus de celles qu'on entend généralement répéter par les protectionnistes, et les vieilles raisons n'y sont pas exposées avec une force de persuasion plus grande. Nous entendons répéter en effet que le progrès économique de la Grande-Bretagne est inférieur à celui des États-Unis et de l'Allemagne; que les libre-échangistes ne songent pas aux dangers pouvant se produire en temps de guerre; qu'ils exagèrent les effets des tarifs sur le renchérissement des vivres; que, de toute façon, on doit tenir compte non seulement du prix des vivres, mais aussi du patriotisme et ainsi de suite.



M. Ansiaux s'occupe, lui, d'un autre problème: rendre stable, ou tout au moins aussi peu oscillant que possible, le cours des changes. Il voudrait que le plus grand correctif du cours des changes, à savoir la variation du taux de l'escompte, fût rendu plus efficace, en augmentant dans chaque pays le pouvoir de la banque centrale d'émission.

Pour que ces banques puissent devenir les arbitres du marché monétaire de leurs pays respectifs et entrainer dans leur orbite toutes les autres institutions de crédit, l'auteur imagine le moyen suivant: les banques centrales devraient payer dans chaque cas un intérêt sur les dépôts et l'augmenter toutes les fois qu'elles seront obligées d'élever le taux de l'escompte; de cette facon, les autres banques seraient obligées de suivre la banque centrale, en augmentant à leur tour le taux d'intérêt sur les dépots et, par conséquent, le taux de l'escompte.

L'auteur s'occupe aussi de la politique des « devises », telle qu'elle est suivie en Autriche-Hongrie et dans d'autres pays, et donne des conseils concernant les modifications des « éléments non-monétaires » de la balance des comptes.

Macerata, Università.

UMBERTO RICCI

EDUARD MEYER - *Histoire de l'antiquité.* T. I. Traduit de l'allemand par Maxime David. Un vol. in-8, de VIII-284 pages. P. Geuthner, éd., Paris, 1912.

RENÉ MÉNARD et CLAUDE SAUVAGEOT - *Vie privée des anciens.* Huit vol. in-8, de XVI-351, VIII-324, VIII-368, VII-366, VIII-416, VI-261, VII-331 et VIII-344 pages. Ernest Flammarion, éd., Paris [1912-13].

GUSTAVE JÉQUIER - *Histoire de la civilisation égyptienne.* Un vol. in-18, de 330 pages. Payot et C.ie, éd., Paris, 1913.

EUGÈNE CAVAIGNAC - *Histoire de l'antiquité.* T. II. *Athènes.* Un vol. in-8, de xv-514 pages. Fontemoing, éd., Paris, 1913.

G. BLOCH - *La république romaine. Les conflits politiques et sociaux.* Un vol. in-18 (de la *Bibliothèque de philosophie scientifique*), de 333 pages. Ernest Flammarion, éd., Paris, 1913.

PAUL LOUIS - *Le travail dans le monde romain.* Un vol. in-18 (de la *Collection de l'Histoire universelle du travail)*, de 416 pages. Félix Alcan, éd., Paris, 1912.

L'*Histoire de l'antiquité* de M. E. Meyer est un instrument de travail bien connu. C'est pour le mettre à la disposition des travailleurs français qu'un groupe de spécialistes en a entrepris la traduction. Le tome Ier seul de cette traduction a paru, par les soins de M. Maxime David, d'après la troisième édition allemande, qui date de 1910, enrichie de notes et d'indications nouvelles de l'auteur; la suite de la traduction n'est pas près de paraître, une nouvelle édition allemande de l'ouvrage de M. Meyer venant d'être publiée. Ce premier volume se suffit d'ailleurs à lui-même: il constitue une « introduction à l'étude de sociétés antiques », et si parfois, par sa formulation trop abstraite d'idées ou d'hypothèses générales, il donne l'impression d'un manuel supérieur de sociologie, il est si plein de notions concrètes, on y trouve un tel souci de l'évolution des concepts et des formes sociales qu'il est véritablement un remarquable livre d'histoire.

M. Meyer montre fort bien que le fait de la race ne joue pas en histoire le rôle que certains auteurs ont prétendu lui assigner: il n'est pas prouvé que, très tôt, le genre humain n'ait pas été réparti en variétés différentes, et, au cours de l'histoire, les mélanges entre groupes humains ont été innombrables. Le fait primitif à considérer, ce n'est pas la race, c'est le groupe familial et social, groupe préalable à l'homme et conditionnant toute l'évolution humaine. Des hommes groupés en tribus ou en états ont élaboré les contraintes sociales de la morale et de la coutume, régissant la propriété, les relations familiales et hiérarchiques, les institutions militaires et politiques; mais ces contraintes ont réagi sur l'habitat, condition primordiale de l'évolution économique, dont le fatalisme s'est trouvé ainsi limité par le contingent social.

Tout en demeurant hostile à l'application intégrale du totémisme à l'évolution intellectuelle de l'humanité, M. Meyer définit justement l'importance des représentations collectives dans cette évolution: c'est à un instinct obscur et fautif de causalité que se rattache l'origine de l'animisme total, aboutissant à la magie et au mythisme, M. Meyer le montre bien, et il analyse aussi avec dextérité les relations de cette évolution intellectuelle et religieuse avec les préoccupations éthiques, avec l'organisation rituélique et ecclésiastique des groupes sociaux.

Tout ce qu'expose M. Meyer dans la première partie de son volume et que nous venons d'analyser, se trouve contredit par les définitions qu'il propose de l'histoire. L'essentiel, selon lui, en histoire, c'est l'individuel, et l'on n'étudie les faits historiques qu'en fonction du subjectivisme: ce serait toujours par rapport à l'intérêt actuel que la recherche opère et choisit même son champ d'étude. L'histoire aurait seulement pour but de comprendre l'existence d'un présent donné en le considérant comme un devenir à l'égard d'un passé correspondant. Mais par là se réintroduisent dans la méthodologie de M. Meyer le principe de causalité, et, avec lui, l'objectivisme, et si M. Meyer, après de si larges prémisses, ne veut pas conclure à la valeur scientifique de l'histoire, qu'il admette du moins qu'elle élabore les éléments dont sera faite la science sociologique.



L'ouvrage ancien de MM. René Ménard et Claude Sauvageot n'est pas consacré seulement à la *Vie privée des anciens,* comme le porte son titre; il considère les aspects divers de l'histoire ancienne, mais, à aucun titre, ne se réfère aux préoccupations de M. Meyer, et particulièrement au souci, si nécessaire, de retracer une évolution. Non seulement on ne trouvera pas, dans les huit volumes de MM. Ménard et Sauvageot, le développement général de la religion ou de la famille, des institutions civiles ou religieuses dans le monde asiatique ou méditerranéen, mais comme les auteurs ont découpé entre les divers volumes les notions caractéristiques de chaque peuple considéré, on cesse de voir les relations qui ont existé entre les différents phénomènes de leur vie et qui ont conditionné leur évolution. A ce défaut de méthode, il en faut joindre un autre: les textes allégués, les auteurs cités ne sont ni assez nombreux ni assez opérants, les cartes présentées sont inexistantes, et si la documentation figurée est très abondante, il s'en faut que les reproductions soient munies de toutes les références critiques nécessaires pour les rendre scientifiquement utilisables. Ce sont pourtant ces reproductions qui, en somme, constituent le principal bénéfice à retirer de l'emploi de cet ouvrage: qu'il s'agisse de l'habitat des peuples anciens, — égyptien, asiatique, grec, italien, — des institutions civiles et religieuses, de la famille, du vêtement, du travail, de l'architecture et de beaux-arts, — on trouvera, sur ces différents sujets, des images, point très finies, mais nombreuses et bien groupées. Dans le plan, si morcelé, de MM. Ménard et Sauvageot, aucune place n'a été laissée à l'évolution juridique, économique et intellectuelle des peuples anciens.

***

C'est au contraire à une préoccupation perpétuelle de l'évolution que s'est soumis M. Jéquier en retraçant l'*Histoire de la civilisation égyptienne.* M. Jéquier montre parfaitement que cette civilisation est loin d'être restée immobile et immuable, comme on l'a dit si souvent: à l'Égypte archaïque, habitée par une race voisine de celle des Libyens et des Berbères, a succédé l'Égypte thinite, faite par des conquérants sans doute venus du sud; puis viennent les trois périodes classiques, jusqu'à la conquête de l'Égypte perse par Alexandre le Grand, et dans lesquelles M. Jéquier s'est soucié de montrer les actions et réactions mutuelles des forces sociales en jeu. Ce qui manque le plus à son livre, c'est une étude du développement intellectuel de l'Égypte pendant les longs siècles de son existence, aboutissant à la floraison d'idées qui pénètreront dans l'hellénisme alexandrin, si important dans la formation de la mentalité européenne; mais l'histoire des arts et celle de la religion sont traitées avec soin dans chacune des périodes entre lesquelles elles se trouvent morcelées.

***

M. E. Cavaignac, dans son histoire d'*Athènes,* limite son enquête à l'étude des transformations politiques subies par cette cité, en y rattachant seulement, par un biais politique encore, quelques notions sur l'évolution générale de la pensée grecque. Ce livre sur Athènes n'est que le premier volume d'une grande histoire de l'antiquité, et, de fait, M. Cavaignac replace bien la capitale de l'Attique dans le milieu historique et géographique de l'antiquité; si ce volume est consacré à Athènes, c'est sans doute, — M. Cavaignac ne le dit pas nettement, — que l'importance d'Athènes est particulièrement considérable dans la période qui va du grand échec des guerres perses à la conquête de l'Asie par Alexandre le Grand, de 480 à 330. Mais si Athènes préoccupe tellement M. Cavaignac, n'est-ce pas parce que M. Cavaignac a été heureux de pouvoir étudier à cette occasion le processus de décomposition d'un régime politique qu'il n'aime pas, le régime démocratique? Sans doute, n'est-ce là qu'une impression, contredite par le bel appareil d'érudition minutieuse et abondante dont ce jeune auteur a eu le souci d'étayer ses constructions. Je dis ses constructions, car il semble parfois que M. Cavaignac veuille s'élever au-dessus des données limitées de ses textes pour présenter des hypothèses, souvent ingénieuses, parfois spécieuses, — particulièrement lorsqu'il veut fournir des évaluations numériques sur la densité démographique et la productivité des diverses régions de l'antiquité.

Ce qui domine, aux yeux de M. Cavaignac, dans la période considérée, c'est, avec la fin de la ligue de Délos et la guerre du Péloponèse, la fin rapide de la cité grecque; cette forme sociale n'a pas duré plus de cent cinquante ans, de 480 environ à 355. Elle n'a pas duré davantage, selon lui, parce qu'elle ne pouvait être englobée dans une unité plus grande, en raison du gouvernement direct et de la solidarité absolue des citoyens; d'autre part, contre la πολις travaillaient d'autres groupements, la famille, la corporation, les mystères religieux, — sans compter l'individu, désireux de jouir pour lui-même, et non pour la cité, des joies de ce monde. Les intérêts menacés ont trouvé un point d'appui à Sparte, que sa constitution opposait à toute l'organisation des autres cités grecques et dont l'hégémonie fut plus précaire encore que celle d'Athènes.

Au déclin de Thèbes, des puissances nouvelles ont élaboré des forces inconnues qui joueront dans la période suivante: la Macédoine, pays hétérogène dominé par une dynastie militaire qui ruinera l'empire perse reconstitué par Artaxerse III Okhos; Carthage, enrichie par son commerce; Rome, se dégageant de la poussière des peuples italiotes. M. Cavaignac étudiera, dans son prochain volume, l'action de ces forces: souhaitons qu'il en détermine, plus nettement que dans le présent, les composantes économiques et mentales. Platon et Aristote, dit-il, en étudiant les constitutions des cités grecques, n'ont fait que disséquer un cadavre; ce sera au contraire animer d'un large souffle de vie toute cette histoire trop uniment militaire et politique que d'en déterminer tout le substratum social et de montrer sous les luttes de partis et les rivalités nationales les moteurs puissants de l'intérêt et du sentiment.



M. G. Bloch s'y est efforcé dans sa *République romaine,* qui est le produit d'une forte érudition au service d'une intelligence fine et profonde. M. Bloch a, en effet, décrit avec autant de netteté qu'il se pouvait la formation et la situation respective du patriciat et de la plèbe, puis l'organisation de la nouvelle noblesse, caste, riche et puissante, forte de la décadence irrémédiable des classes moyennes. La république romaine n'a rien des démocraties helléniques: Rome n'est pas une cité, mais la capitale d'un empire, dominé par cinquante-cinq familles, qui tiennent entre leurs mains tous les mécanismes de l'État. Peut-être M. Bloch n'a-t-il pas ici suffisamment montré les rapports de l'évolution politique et des conquêtes militaires, diminuant automatiquement le nombre des citoyens des classes moyennes, multipliant de même les capitaux de l'oligarchie politico-financière romaine. Mais, à la lumière de son analyse sociale, bien des épisodes des révolutions romaines, depuis

la loi agraire de Flaminius en 232, à l'apogée de César ou d'Auguste, prennent un relief singulier; on comprend avec quelle ardeur, en particulier, les Gracques ont essayé d'arrêter la décadence des classes moyennes, de reconstituer un État de petits paysans propriétaires, avec quelle ardeur, après la période de démagogie militaire qui s'ouvre avec les consulats répétés de Marius, Sylla a mené la réaction sénatoriale contre les partisans de la démocratie selon la formule des Gracques, tout en gardant ce qu'il y avait de réalisable dans les programmes utopiques de ces derniers. C'est une merveilleuse démonstration de déterminisme historique qu'a suivie M. Bloch, en prouvant les rapports étroits qui lient, à Rome, les transformations sociales et les révolutions politiques.

***

Le déterminisme devait avoir sa place dans le livre que M. Paul Louis, marxiste convaincu, a consacré au *Travail dans le monde romain*. M. Louis n'a pas eu la prétention d'écrire un livre d'érudition; il s'est contenté de grouper dans un ordre aussi satisfaisant que possible les notions que l'on a jusqu'à présent élaborées non pas seulement sur le travail, mais sur les divers aspects de la vie économique dans le monde romain depuis les origines historiques de Rome jusqu'à l'invasion des barbares. La grosse objection qu'on peut faire à cette entreprise, — il y en a d'autres sur lesquelles je passe, — c'est que l'expression de « monde romain » est quelque chose de bien vague, et que, si l'on peut parler d'économie romaine à propos de Rome, du Latium et même de l'Italie, cela est beaucoup plus contestable lorsqu'il s'agit des immenses territoires de l'empire, où divers régimes économiques ont coexisté. Sans doute, le tableau de l'évolution économique tracé par M. Louis reste vrai dans son ensemble, mais cela tient surtout à ce que M. Louis s'applique à exposer principalement, dans la dernière partie de son travail, les modes d'action du gouvernement romain pour promouvoir et surveiller la production, pour organiser et réglementer le travail dans le monde ancien. Lorsque les barbares surgirent, on était las de cette réglementation outrancière et ruineuse, et, par un processus curieux dont M. Louis n'a pas analysé tous les aspect, on revenait à l'économie agricole qui est à l'origine-même de l'évolution économique de la République romaine.

Pour la République, les conclusions de M. Louis se rapportent beaucoup de celles de M. Bloch. Lui aussi montre la décadence des classes moyennes et les origines militaires du capitalisme romain. Mais il insiste aussi sur la disparition presque complète de l'artisanat libre, sur le développement de l'esclavage, sur le pullulement des *latifundia*. C'est ici que se fait la liaison entre

l'économie romaine et l'économie mondiale: l'intensité de la civilisation urbaine devait, dès le début de l'empire, amener une crise qui alla en augmentant toujours; en matière de main-d'œuvre, d'échanges, de production, il y eut un déficit énorme, les richesses diminuèrent dans des proportions incalculables, et les linéaments du système économique prémédiéval apparurent dans la société romaine agonisante.

Paris.

GEORGES BOURGIN

EUGÈNE DE FAYE - *Gnostiques et gnosticisme. Étude critique des documents du gnosticisme chrétien aux IIe et IIIe siècles.* Un vol. in-8 (de la *Bibliothèque de l'École des Hautes Études; Sciences religieuses*, t. XXVII), de II-480 pages. Ernest Leroux, éd., Paris, 1913.

Voici un des livres les plus riches d'idées neuves et de faits nouveaux qui aient, depuis longtemps, paru sur l'histoire de la pensée chrétienne dans l'antiquité. Son auteur a fait des questions dont il traite l'objet principal de ses études depuis nombre d'années; il a mis à leur service une invincible patience et une pénétration critique chaque jour plus avertie; il s'est construit une méthode d'investigation circonspecte et d'avance résignée à ne pas tout savoir; c'est pourquoi il a tant appris et nous offre un enseignement si plein. A dire vrai, la lecture d'un si gros volume, où s'agitent des problèmes ardus et complexes, où se déroulent des discussions nécessairement minutieuses, demande quelqu'effort, mais il paie largement en profit de la persévérance qu'il réclame.

Une Introduction pose le problème, définit la méthode, classe les écoles et groupements gnostiques; une première partie étudie les grands maîtres de la gnose et leurs premiers disciples; une seconde critique les témoignages que nous apportent les *Philosophumena* sur trois systèmes gnostiques que nous ne connaissons que par eux, ceux des Naassènes, des Pérates et des Séthiens, et sur Valentin; elle comprend aussi l'examen de ce document de l'école de Valentin, que nous a conservé Clément d'Alexandrie et qu'on intitule *Extraits de Théodote;* une troisième partie s'attache aux gnostiques que nous font connaître la *Pistis Sophia* et les autres écrits coptes; une quatrième débrouille le chaos des sectes que nous n'entrevoyons qu'à travers les héréséologues de l'orthodoxie: Marcosiens, Ophites des diverses espèces, Adeptes de la Mère, et Carpocratiens, Nicolaïtes et autres gnostiques licencieux; un chapitre traite des pré-gnostiques, Simon, Ménandre, Satornil, que la légende a défigurés; enfin, une dernière partie relève les raisons qui obligent à ne pas réduire à un seul gnosticisme tant de maîtres di-

vers et tant d'écoles ou sectes dissemblables, dégage cependant, de cette variété vivante, les tendances communes, l'esprit propre de la gnose et marque les principales étapes du mouvement gnostique. Ce plan s'inspire du principe fondamental de M. de Faye: partir du relativement bien connu et du concret, pour gagner peu à peu sur le moins connu et fonder solidement les considérations d'ensemble. Se garder des hypothèses et des constructions hasardeuses; se contenter de résultats modestes, mais sûrs; ne faire confiance qu'à bon escient aux adversaires des gnostiques, qui, loin d'essayer de les comprendre, n'ont cherché qu'à mettre en valeur, et sans prendre souci de la place qu'elles tenaient dans leur système, les plus hétérodoxes de leurs propositions, ou les plus choquantes pour le sens commun des chrétiens; distinguer les époques, ne pas confondre les disciples avec les maîtres, ni les épigones avec les fondateurs, ni la pensée sereine du IIe siècle avec le ritualisme magique où verse la gnose au IIIe siècle; s'attacher, au départ, à un examen attentif des fragments authentiques des œuvres primordiales qui nous restent encore et en éclairer tout le chemin; ne pas brouiller les écoles et renoncer à la chimère d'un gnosticisme primitif, qui se serait peu à peu éparpillé en sectes; ne plus prendre un Basilide et un Valentin pour des métaphysiciens délirants, mais voir en eux des penseurs, des chrétiens, originaux mais authentiques, dans la lignée desquels se placent un Clément d'Alexandrie et un Origène; tels sont les grands enseignements qui ressortent du livre et que l'on peut considérer comme acquis pour la science.

Assurément il est permis de craindre que, versant d'un excès dans un autre, M. de Faye ait demandé aux fragments gnostiques de la grande époque, si rares et si déconsus, plus de certitudes qu'il n'en contiennent peut-être; je serais aussi, pour ma part, porté à penser qu'il a reçu trop complaisamment les si suspectes allégations d'Epiphane sur les gnostiques licencieux; et je pourrais encore lui chercher quelques autres chicanes, lui reprocher, par exemple, d'avoir laissé planer trop d'obscurités sur les antécédents du gnosticisme, avant la grande manifestation des environs de 130, alors que les textes permettaient, à mon sens, d'en dissiper au moins une partie, et, plus encore, d'avoir négligé de terminer son ouvrage par un index ou une table analytique, qui en faciliteraient l'usage; mais, en somme, ce sont là vétilles par rapport à l'ensemble des qualités du livre. Personne ne pourra plus parler de la gnose sans partir des opinions de M. de Faye, ou sans les discuter pied à pied, et, dans tous les cas, sans lui vouer une profonde gratitude pour le vaste labeur qui a doté la science des origines chrétiennes d'un tel instrument de travail.

Paris, Sorbonne.

CH. GUIGNEBERT

RASSEGNE - REVUES GÉNÉRALES
ALLG. UEBERSICHTEN - GEN. REVIEWS

REVUE GÉNÉRALE D'HISTOIRE DE LA PHILOSOPHIE

L'HISTOIRE DE LA PHILOSOPHIE DE L'INDE.

D'après un usage établi, les histoires générales de la philosophie adoptent pour point de départ les débuts de la pensée grecque, en excluant complètement l'Orient, comme si aucune activité philosophique n'avait jamais existé avant la Grèce et hors de Grèce. Or, si l'on peut admettre, jusqu'à un certain point, qu'on néglige, comme trop éloignée de nous, la pensée de l'Extrême-Orient, il est en revanche impossible de justifier une négligence aussi absolue, lorsqu'il s'agit de la philosophie de l'Inde, laquelle n'offre pas seulement, depuis les temps les plus anciens, une véritable passion pour la recherche philosophique, mais se rattache encore, par de nombreuses ressemblances et des coïncidences très marquées, à la philosophie occidentale; au point qu'on peut dire, à bon droit, que c'est l'Inde qui nous offre les premiers documents de la spéculation indo-européenne. Les raisons de l'exclusion qui frappe la philosophie indienne sont de divers ordres et doivent être recherchées principalement dans l'état des études indianistes, qui ne sont pas encore parvenus à explorer toute l'immense littérature de l'Inde se rapportant à ce domaine. D'où cette conséquence que, si les indianistes n'ont pas tort de se plaindre que les historiens de la philosophie négligent complètement la pensée indienne, les philosophes, de leur côté, pourraient reprocher aux indianistes de n'avoir pas encore fourni, sur la philosophie de l'Inde, un traité général ou, tout au moins, une série complète de monographies sur les différents systèmes.

En présence de l'état de choses que nous venons d'esquisser,

l'*Allgemeine Geschichte der Philosophie,*[1] de M. P. Deussen, par le contraste singulier qu'elle présente avec les histoires de la philosophie publiées jusqu'à présent, acquiert une importance toute spéciale. Pour la caractériser en peu de mots, on peut dire qu'elle intervertit les rôles, en accordant à la philosophie orientale la part la plus importante: tout le premier volume de l'ouvrage, soit un total de 1200 pages environ. J'ai dit « philosophie orientale »; mais j'aurais dû dire plutôt « philosophie indienne », attendu que les quelques pages d'appendice du volume I, 3 (pp. 673-715) peuvent difficilement être considérées comme un exposé au sens vrai et propre du mot. A l'Inde revient donc la première place, je dirais même la part la plus grande. L'auteur divise la philosophie indienne en deux grandes périodes: philosophie védique (à peu près de 1500 à 500 av. J.-C.) et philosophie post-védique (à peu près de 500 av. J.-C. à 1500 après J.-C.). Bien que, pendant la période védique, la spéculation indienne ait été intimement liée aux croyances religieuses, aux intuitions mystiques et théosophiques, il est toutefois possible d'en retracer le développement continu et progressif. Les premières tentatives de spéculation se trouvent dans quelques-uns des hymnes védiques plus tardifs et révèlent la tendance à reduire à l'unité la variété multiple et souvent discordante des divinités védiques, sans que toutefois cette tendance ait encore un caractère bien décidément monothéiste ou panthéiste: ce sont bien plutôt des tentatives incertaines, orientées vers la recherche du « dieu inconnu ». Mais l'effort pour atteindre à une détermination plus précise de cette unité fondamentale à laquelle se réduit tout l'Univers, devient le trait caractéristique de la spéculation indienne qui, dans les Upanishads, en arrive à identifier le monde avec Dieu et Dieu avec l'âme. Mais cette phase de l'évolution philosophique de l'Inde se rattache ou, pour mieux dire, se confond avec le développement de la religion et du rituel et avec la naissance et l'affirmation d'idées mystiques et théosophiques qui deviendront des éléments constitutifs de la mentalité indienne: c'est en effet pendant cette période que s'ébauche et se consolide la croyance à la transmigration des âmes et la théorie de l'influence inéluctable et

[1] *Allgemeine Geschichte der Philosophie, mit besonderer Berücksichtigung der Religionen*, von PAUL DEUSSEN. Zwei Bände in sechs Abteilungen, Leipzig, Brockhaus. — Ont été publiées jusqu'à présent: I, 1: *Allgemeine Einleitung und Philosophie des Veda bis auf die Upanishad's*, Zweite Auflage, 1906; — I, 2: *Die Philosophie der Upanishad's*, Zweite Auflage, 1907; — I, 3: *Die Nachvedische Philosophie der Inder*, 1908; — II, 1: *Die Philosophie der Griechen*, 1911. — Étant données les limites dans lesquelles je dois me tenir nécessairement dans cette revue, je ne puis examiner ici que le premier volume; je m'occuperai de la première partie du deuxième volume après la publication des deux autres (II, 2: *Die biblisch mittelalterliche Philosophie* et II, 3: *Die neuere Philosophie*) qui sont en cours de préparation.

de la force déterminante des actes sur les destinées futures de l'âme dans ses diverses existences; d'où découlait, comme conséquence naturelle, la recherche du moyen permettant de se libérer du renaître.

La deuxième moitié du titre de l'ouvrage de M. Deussen s'applique donc a cette période (I, 1-2) bien mieux qu'aux autres, puisque c'est dans l'étude de cette période de l'histoire philosophique de l'Inde qu'il était le plus nécessaire de tenir compte du développement religieux. Il est en effet impossible d'affirmer que cette période, qui s'étend de 1500 à 500 av. J.-C., ait produit des traités strictement philosophiques: les mystères religieux, le rituel, les tentatives de recherche abstraite se trouvent confondus dans les Upanishads eux-mêmes, qui représentent pourtant le produit le plus élaboré de cette période: « Upanishad, dit M. Winternitz (*Gesch. d. ind. Liter.*, I, p. 208-9), était avant tout un « Mysterium », et toute doctrine, qui n'était pas destinée à la foule, mais était révélée seulement à un cercle étroit de personnes privilégiées — que ce fût une profonde doctrine philosophique, une symbolique vide de sens ou une allégorie, un sacrifice symbolique inventé par un Brahmane et revêtu d'une signification magique ou enfin quelque fausse vérité destinée à servir de formule magique, — toute doctrine de ce genre, disons-nous, était qualifiée d'Upanishad. Et, en effet, tous ces éléments se côtoient déjà et se pénètrent réciproquement dans les vieilles Upanishads ». Or le très grand mérite de M. Deussen consiste précisément dans le fait d'avoir soumis à une étude méthodique des matériaux aussi complexes, d'avoir séparé ces divers éléments les uns des autres, d'avoir cherché comment se sont formées beaucoup de ces idées qui, à cause même de leur caractère mi-religieux, mi-philosophique, deviendront le patrimoine commun des époques ultérieures. Cette partie de son ouvrage paraît aujourd'hui dans une nouvelle impression, ce qui prouve que le public cultivé a ratifié les éloges des spécialistes. La tâche ardue dont il s'acquitte avec tant de mérite n'était pourtant pas exempte de dangers, et nous ne croyons pas froisser l'illustre auteur en notant qu'il ne s'est pas suffisamment mis en garde contre la tentation d'exagérer la valeur de la spéculation indienne de cette période: il lui arrive parfois de faire dire aux textes plus qu'ils ne comportent.

Ici il est permis de se poser une question: les idées philosophiques contenues dans les Upanishads forment-elles un système au sens vrai et propre du mot? La réponse à cette question ne fera pour nous aucun doute, si nous nous rappelons les observations faites plus haut, et M. Deussen lui-même admet explicitement (I, 2, p. 48) qu'il ne peut être question d'un système des Upanishads. Pour trouver les premières traces certaines d'un arrangement systématique de la philosophie indienne, il faut arriver à peu près à

l'an 300 av. J.-C.; et plus avant encore, jusqu'après le début de l'ère vulgaire, pour trouver les textes les plus anciens de systèmes méritant vraiment ce nom. Mais comment s'est opéré, pour nous servir de l'expression de M. Deussen, le passage de la période védique à la période post-védique, ou, pour formuler la même question dans des termes plus accessibles au commun des lecteurs, de la spéculation vague et indisciplinée à la philosophie organisée en systèmes? M. Deussen croit pouvoir résoudre ce problème, un des plus difficiles de l'histoire de la philosophie dans l'Inde, en admettant l'existence d'une période de transition qu'il appelle « la philosophie de l'âge épique ». On sait en effet que l'immense épopée du Mahâbhârata, loin d'être une œuvre homogène et personnelle, constitue un agrégat de parties qui diffèrent par leur contenu et leur caractère, le résultat d'une élaboration littéraire qui s'étend, en chiffres ronds, du 4ème siècle avant J.-C. au 4ème siècle après J.-C. Or M. Deussen croit trouver dans les passages philosophiques du Mahâbhârata des documents prouvant que l'âge épique constitue le stade intermédiaire entre les deux périodes en lesquelles il divise la philosophie indienne. Il a exprimé cette manière de voir dès 1906, dans la préface à un volume de traductions de textes philosophiques du Mahâbhârata,[1] textes qui devaient servir, dans son intention, de documentation à sa théorie; et dans la première section du volume I, 3 de l'*Allgemeine Geschichte der Philosophie* il revient sur le même sujet et consacre 114 pages à exposer une philosophie de l'âge épique qu'il persiste à définir (*Vorwort*, p. VI) comme une *Uebergangsphilosophie* (philosophie de transition) plutôt que comme une *Mischphilosophie* (philosophie composite). On connaît trop l'érudition, l'aisance et l'élégance de style de M. Deussen, pour qu'il soit nécessaire d'y insister ici; mais ces qualités ne suffisent pas à convaincre. Ce n'est pas ici le lieu de développer tous les arguments qui se dressent contre la théorie de M. Deussen; nous n'en citerons qu'un seul, capital celui-là: il ne peut être question d'une période épique au sens absolu du mot; ainsi que le dit très bien M. Winternitz (*op. cit.,* I, p. 403): « il n'existe pas une époque du Mahâbhârata, mais l'époque de chacune de ses parties doit être déterminée séparément ». Cette affirmation vient, ni plus ni moins, ôter toute base chronologique à la théorie de Deussen.

Et, en effet, dans l'état actuel des études, nous pouvons seulement deviner le travail d'où sont sortis les systèmes philosophiques de l'Inde, mais il nous est encore impossible de déterminer d'une façon précise comment ce travail s'est déroulé. Du reste, même si nous voulons nous borner aux documents dont nous disposons, la besogne à accomplir est immense. Un écrivain indien du

[1] *Vier philosophische Texte des Mahâbhârata*, Brockhaus, Leipzig.

14e siècle, Mâdhava, nous donne, dans son *Résumé de tous les systèmes,* l'exposé sommaire d'au moins seize systèmes, sans compter leurs subdivisions. Les six principaux, orthodoxes au point de vue brahmanique (dans un sens toutefois très large, le fait d'admettre, ne serait-ce que formellement, l'autorité de l'Écriture Sainte étant une preuve suffisante d'orthodoxie) sont: les deux Mîmâṃsâ (Vedânta et système des Jaimini), le Sânkhya et le Yoga, le Nyâya et le Vaiçeshika; parmi les systèmes hétérodoxes, il mentionne en premier lieu le Bouddhisme et le Jaïnisme. La littérature de tous ces systèmes est extrêmement vaste: les ouvrages se comptent, non par dizaines, mais par centaines, puisqu'il s'agit d'une production qui a continué à donner des fruits presque jusqu'à nos jours. Or, pour une étude méthodique et scientifique de la philosophie de l'Inde, la nécessité s'impose de résoudre trois ordres de problèmes: 1. reconstruire l'histoire de chaque système particulier, ce qui signifie fixer la chronologie des textes et les variations que les doctrines ont subies à travers les siècles; 2. déterminer les influences réciproques que les systèmes ont exercées les uns sur les autres; 3. établir exactement la part qui revient dans chacun de ces systèmes aux trois éléments: religieux-théosophique, métaphysique, philosophique au sens scientifique du mot.[1] Le travail, déjà immense par lui-même, est rendu encore plus difficile par le fait que, même pour quelques-uns des principaux systèmes orthodoxes, des exposés définitifs et complets font encore défaut.[2] Dans ces conditions, il est aujourd'hui impossible d'écrire une histoire de la philosophie indienne; et la chose était encore moins possible il y a deux ou trois ans, alors que n'avaient pas paru certains travaux qui, publiés dans l'intervalle, constituent de nouvelles contributions d'une importance capitale. Il ne restait donc pas à M. Deussen d'autre ressource que d'exposer les principales doctrines de chaque système, en prenant comme base, pour chacun d'eux, le texte le plus accrédité ou en suivant, quand cela lui paraissait opportun, le compendium de Mâdhava. En sorte qu'on ne saurait dire en réalité que cette partie de l'ouvrage (I, 3) soit une histoire de la philosophie indienne: elle est plutôt, et tout au plus, une description de doctrines, du point de vue de tel ou tel auteur indien. Au fond, on ne pouvait prétendre à autre chose, et il n'était d'ailleurs pas

[1] J'ai déjà développé et soutenu ces principes méthodologiques dans l'introduction à mon *Introduzione allo studio della filosofia indiana*, à laquelle je renvoie le lecteur.

[2] Le système des Jaimini n'a pas encore été traité; quant aux autres systèmes brahmaniques, il en sera question dans la suite de cette revue; mais je rappelle ici en outre, pour les recommander au lecteur, les excellents travaux de R. Garbe sur le Sânkhya, et plus spécialement son livre magistral: *Die Sâṃkhya-Philosophie, eine Darstellung des indischen Rationalismus*, Leipzig, 1894.

obligé de donner autre chose: il est seulement permis de douter que le choix de l'auteur ou du texte soit toujours heureux.

Les trois ordres de problèmes que j'ai mentionnés plus haut, se présentent tels quels même à celui qui voudrait se borner à l'étude de l'un d'eux. Et même alors, on peut suivre deux voies: ou affronter et chercher à résoudre toutes les questions historiques et théoriques, ou bien se borner à exposer le système en se plaçant au point de vue de l'un des auteurs les plus dignes de confiance. Les six systèmes orthodoxes, dit M. Deussen (et, pourrions-nous ajouter, les systèmes philosophiques de l'Inde en général), « nous sont transmis sous la forme de *Sûtra's,* c'est-à-dire d'aphorismes très brefs, composés souvent de deux ou de trois mots et destinés à être enseignés à l'école et appris par cœur; ils contiennent moins les expressions propres ou les notions fondamentales du système que des mots mnémotechniques, et ne peuvent le plus souvent pas être compris sans les commentaires, oraux d'abord, écrits ensuite, qui les accompagnent ». Ces commentaires doivent être considérés « comme l'expression d'un point de vue propre, développé et qui, comme tel, exige et mérite souvent d'être traité d'une façon particulière ». Il en résulte, d'après M. Deussen, « que la première chose à faire consiste, pour chaque écrit, ouvrage original ou commentaire, à s'en tenir strictement et sans avoir recours à d'autres dogmes, à leur point de vue propre, en s'appliquant à poursuivre celui-ci, par l'examen complet de l'écrit en question, jusque dans ses dernières ramifications » (*Allg. Gesch.,* I, 3, p. 4-6). C'est de ce principe que s'est inspiré M. Deussen en exposant *Le système du Vedânta d'après les Brahma-sûtra's de Bâdarâyaṇa et le commentaire de Çankara à ces derniers; le tout présenté comme un compendium de la dogmatique du Brahmanisme au point de vue de Çankara.*[1] Ce titre un peu long exprime pourtant bien la nature de l'ouvrage qui n'est ni ne veut être une histoire, mais tout simplement une description du Védânta, d'après son exégète le plus autorisé.

Ce livre, parvenu à sa deuxième édition, a reçu sa consécration officielle, et il serait superflu de lui adresser de nouvelles éloges. Il représente la continuation et, pour ainsi dire, l'achèvement des deux premières parties du vol. I de l'*Allgem. Gesch.* De fait, les Upanishads sont, non un système au sens vrai et propre du mot, mais le stade préliminaire de ce système que sera plus tard le Védânta: « nous y trouvons une fusion de plus en plus complète de l'idée fondamentale, idéaliste au début, avec les exigences de plus

[1] *Das System des Vedânta nach den Brahma-sûtra's des Bâdarâyaṇa und dem Kommentare des Çankara über dieselben, als ein Kompendium der Dogmatik des Brahmanismus vom Standpunkte des Çankara dargestellt.* Zweite Auflage, Brockhaus, Leipzig, 1906.

en plus réalistes de la conscience empirique ». Cette fusion s'accomplit « seulement à l'époque post-védique, dans le système universel, théologico-philosophique qui, édifié par les mains de Bâdarâyaṇa et de son commentateur Çankara, tient également compte des exigences réalistes et des exigences idéalistes et est devenu dans l'Inde, sous la forme du système du Vedânta, ce qu'il est encore de nos jours, à savoir la base générale de la foi et de la science » (*Allg. Gesch.*, I, 2, p. 49).

Tandis que M. Deussen se contente d'exposer le Vedânta tel qu'il a été élaboré et décrit par Çankara (vers 800 après J.-C.), M. Max Walleser tente une analyse historique plus générale et plus minutieuse de ce système.[1] D'après M. Walleser, le Vedânta le plus antique est représenté par les doctrines contenues dans le commentaire que Guaḍapâda a écrit pour la Mâṇḍûkhya-Upanishad et dont la composition daterait à peu près de 500 après J.-C., tandis que l'Upanishad en question serait un peu antérieure: et puisque la littérature bouddhique la plus ancienne mentionne seulement ces deux textes et ne rappelle pas les aphorismes de Bâdarâyaṇa, il s'ensuivrait, d'après M. Walleser, que ces derniers seraient postérieurs à l'année 500 après J.-C. Je laisserai de côté la question chronologique sur laquelle je ne suis pas d'accord avec l'auteur et que ce n'est pas le lieu de discuter ici; mais il est un point de son livre qui mérite d'être mis en relief: c'est l'influence du Bouddhisme sur le Vedânta. C'est un fait indiscutable qu'entre le nihilisme philosophique des Bouddhistes et l'illusionisme de Guaḍapâda il existe, plus qu'une ressemblance, une véritable identité. Aussi M. Walleser soutient-il que, dans sa forme la plus ancienne, le Vedânta est une combinaison du négativisme bouddhique avec le monisme traditionnel des Upanishads. Cette théorie, M. Walleser la développe avec une vaste érudition et une grande habileté et bien que, dans les détails, elle prête le flanc à la critique, elle a le mérite vraiment grand de mettre en lumière l'influence que le Bouddhisme a exercée sur une doctrine essentielle du Vedânta.

Dans ces derniers temps, trois autres des systèmes brahmaniques de philosophie de l'Inde ont été traités d'une façon détaillée et méthodique: le Nyâya et Vaiçeshika, par l'auteur de ces notes[2] (qui pour cette raison ne croit pas devoir en parler ici lui-même), et le Yoga, par P. Tuxen.[3] Il n'est pas facile de définir en quelques mots le caractère et de résumer le contenu de ce système

[1] M. Walleser, *Der ältere Vedânta, Geschichte, Kritik und Lehre*, Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg, 1910.

[2] L. Suali, *Introduzione allo studio della filosofia indiana*, Mattei e C., Pavia, 1913.

[3] P. Tuxen, *Yoga, en oversigt over den systematiske Yogafilosofi paa Grundlag af Kilderne*, H. Hagerups Boghandel, København, 1911.

ascético-philosophique qui est connu sous le nom de Yoga. Nous pouvons y distinguer deux éléments principaux: l'un, qui est caractéristique du système et qui repose certes sur des idées de magie très anciennes, consiste dans la concentration intérieure de l'esprit qui détache les sens du monde extérieur et cherche à porter cette concentration à son degré le plus élevé, afin de parvenir aux pouvoirs surnaturels qui en dérivent. Le deuxième élément est constitué par des principes de la philosophie Sânkhya (à l'exception de l'athéisme), adoptés comme base théorique. Et, en effet, le dualisme entre la nature et l'âme qui forme le trait caractéristique du Sânkhya s'adaptait admirablement à un système qui se proposait pour fin suprême l'isolement le plus absolu de l'esprit. Le Yoga a déjà été étudié par M. Garbe, par R. Mitra, par Markus; mais le livre de M. Tuxen représente un progrès considérable, la recherche et l'exposé systématique y étant rattachés directement aux sources. Après une introduction (pp. 1-21) traitant de l'âge et de la littérature du Yoga, l'auteur donne l'exposé du système, qu'il divise en deux parties, correspondant aux deux éléments que nous avons mentionnés plus haut; dans la première (pp. 25-133), il s'occupe des doctrines théoriques et dans la deuxième (pp. 135-206), de la pratique ascétique du Yoga. Les résultats auxquels il aboutit sont vraiment considérables; d'une part, il démontre que les éléments théoriques, bien qu'ils dérivent incontestablement du Sânkhya, se rattachent à une phase de ce système plus ancienne que celle représentée par les textes aujourd'hui existants, ce qui n'a pas moins d'importance pour l'histoire du Sânkhya que pour celle du Yoga; d'autre part, il reconstruit, avec les textes les plus anciens et les plus autorisés, une forme de pratiques ascétiques plus simple et, pour ainsi dire, plus normale que celle qu'on trouve dans la littérature plus tardive. Le genre de cette Revue ne nous permet pas d'entreprendre un examen détaillé de l'ouvrage; mais nous tenons à déclarer que M. Tuxen a apporté une excellente contribution à l'étude du Yoga et donné de ce système l'exposé le plus complet que nous ayons jusqu'à ce jour. Ce dont il faut le louer sans réserves, tout en notant que son mérite serait encore plus grand, s'il avait indiqué les rapports existant entre le Yoga et les autres écoles philosophiques de l'Inde. En faisant cela, il aurait d'ailleurs dépassé les limites de sa monographie, qui constitue un exposé plutôt qu'une histoire; espérons qu'il tiendra sous peu sa promesse de nous donner les résultats de ses études sur les « Yogaforestillinger i de forskellige Perioder af den indiske Litteratur », dont le livre qui nous occupe ici constitue pour le moment l'« Udgangspunkt ».

Nous disions plus haut que la religion et la philosophie sont dans l'Inde intimement liées l'une à l'autre; ici nous devons ajou-

ter que, tandis que dans les systèmes philosophiques les éléments religieux diminuaient peu à peu d'importance, il s'est développé, dans quelques systèmes religieux, un courant de recherche théorique qui a donné naissance à une littérature strictement philosophique. Un exemple typique sous ce rapport nous est fourni par le Bouddhisme, qui a produit, entre le 3e et le 9e siècles après J.-C., une riche littérature, d'un caractère exclusivement philosophique. Ce phénomène est du plus haut intérêt, pour cette raison encore que les rapports entre le Bouddhisme et les autres systèmes, pour ce qui concerne la logique, l'épistémologie et la psychologie, projettent une nouvelle lumière sur l'histoire de la philosophie indienne (voir à ce propos mon *Introduzione allo studio della filosofia indiana,* parte I et *passim*). Or, c'est une entreprise de grande valeur que de retracer le développement historique de la philosophie bouddhique, et le fait seul d'en avoir conçu l'idée confère à l'auteur un titre à notre reconnaissance. Aussi sommes-nous heureux de reconnaître ce mérite à M. Walleser qui, sous ce titre général: *Die buddhistische Philosophie in ihrer geschichtlichen Entwicklung,* [1] a inauguré une série de monographies et de traductions de textes, série qui en est aujourd'hui à son troisième volume. Dans le premier, il se propose de rechercher la base philosophique du Bouddhisme le plus ancien. Il faut, d'après l'auteur, distinguer dans l'histoire philosophique du Bouddhisme trois stades: le premier, représenté par le canon pâli et par le *Milidapañha* (Dialogues du roi Ménandre), se distingue par sa tendance réaliste; le deuxième, qui se trouve le mieux exposé dans Nâgârjuna (2e-3e siècle après J.-C.), est inspiré par le nihilisme; le troisième, dont l'auteur le plus fameux est Asanga, peut être défini comme le stade du subjectivisme idéaliste (p. 4 et suiv.). M. Walleser définit dès le début le champ de la recherche, en déclarant qu'il veut s'occuper seulement des éléments vraiment philosophiques du Bouddhisme ancien: et bien que la tâche ainsi délimitée ne soit rien moins que facile, il est juste de reconnaître que la question est posée dans ses vrais termes. Je n'en dirai pas autant de la déclaration de l'auteur (pp. 2-3), de vouloir laisser de côté la question des influences que les systèmes brahmaniques ont exercées sur le Bouddhisme primitif: les études faites sur ce sujet ne justifient pas en effet le scepticisme de l'auteur, quant à la possibilité d'arriver, dans cet ordre de problèmes, à une conclusion plausible. Quoiqu'il en soit, même ainsi délimité, le domaine sur lequel M. Walleser étend ses recherches n'en reste

[1] C. Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg. Erster Teil: *Die philosophische Grundlage des älteren Buddhismus,* 1904. — Zweiter Teil: *Die mittlere Lehre des Nâgârjuna, nach der tibetischen Version übertr.*, 1911; — Dritter Teil: *Die mittlere Lehre des Nâgârjuna nach der chinesischen Version übertr.*, 1912.

pas moins des plus vastes, et il y apporte une doctrine large et profonde, une préparation philosophique et une connaissance de textes vraiment considérables. Le volume dont nous nous occupons ici est consacré au premier des trois stades, énumérés plus haut, du Bouddhisme ancien, et l'auteur cherche à le reconstruire d'après les données qui lui sont fournies par le Canon (*Sutta* et *Abhidamma*) et par le *Milindapañha*. Ce dernier représenterait la dernière limite de cette période, laquelle s'étendrait ainsi jusqu'au début de l'Ère Vulgaire ou à peu près. Arrivé à ce point, le Bouddhisme s'est approprié « deux conceptions philosophiques...: la réduction du temps actuel au présent momentané et la reconnaissance de l'idéalité du temporel, dans la mesure où il constitue un objet de notre expérience » (p. 134). Mais en réalité le Bouddhisme reste encore fidèle, dans la période dont il s'agit, à l'esprit anti-métaphysique de la prédication primitive du Maître: on y note seulement une plus grande systématisation de la dogmatique.

Nombre de points du livre de M. Walleser mériteraient une ample discussion; mais la place nous manque ici pour l'aborder. Disons seulement qu'il était très bien préparé pour entreprendre l'étude de ces problèmes; à la connaissance du sanscrit et du pâli il joint celle du thibétain et du chinois, ce qui lui permet d'élargir considérablement l'étude des sources. C'est grâce à ces connaissances qu'il a pu nous offrir, dans le 2e et le 3e volumes de la série, la traduction allemande des versions chinoise et thibétaine du Mâdhyamikaçâstra de Nâgârjuna, qui représente, d'après M. Walleser, le deuxième stade de l'évolution du Bouddhisme: « l'ancien Bouddhisme était du positivisme, pénétré de scepticisme et d'une bonne dose d'indifférentisme: mais cette nouvelle phase qui s'introduit comme Mahâyâna, ou « grand véhicule », en opposition avec l'ancienne, « plus petite », ou Hînayâna, a abouti, à la suite d'un développement intérieur, d'ailleurs compréhensible, à la négation de tout être. On a pu, avec assez de logique, démontrer le vide (*çûnya*) des notions même les plus générales, aller même jusqu'à la négation de la notion du non-être et arriver ainsi jusqu'au point terminal ou final proprement dit de ce développement, en niant à la fois l'être et le non-être et en établissant une « doctrine moyenne ».... comme expression de la véritable attitude par rapport au réel ». (II *Vorwort,* p. III).

Pavia, Università.

L. SUALI

(Traduit par M. le Doct. S. Jankelevitch - Paris).

RIV. DELLE RIV. - REVUE DES REVUES
ZEITSCHR. UMSCHAU - REVIEW OF REVIEWS

American Journal of Sociology - (Novembre 1913). — « CHARLES A. ELLWOOD, *The social function of religion* » *(La fonction sociale de la religion)*. — A toutes les époques et chez tous les peuples la religion constitue un puissant moyen de contrôle social, attendu qu'elle confère à la conduite des hommes une sanction surnaturelle. Dans les sociétés primitives, les valeurs religieuses se rattachent aux coutumes et usages qui servent à conserver et à promouvoir le bien-être du groupe. Toutes les institutions des peuples sauvages et barbares sont réglées par la religion, qui devient ainsi un instrument de contrôle social entre les mains de la caste sacerdotale. Il en résulte que la religion constitue souvent un obstacle à l'évolution naturelle et un moyen d'oppression de classe: elle rend en effet difficile la réforme des institutions, alors même que les conditions qui les ont engendrées sont changées. C'est ainsi que les sacrifices humains, la polygamie, l'esclavage, etc., ont tous eu la sanction religieuse, au point qu'il a été difficile de les déraciner de l'âme populaire, alors même qu'elles ont perdu toute raison d'être. La religion a donc vraiment pour fonction la conservation de la vie sociale, fonction utile au début, parce qu'elle consolide les bases de la société, dangereuse plus tard, parce qu'elle en empêche le progrès. F. S.

Annales du Musée Guimet - (1913). — **Revue de l'histoire des religions.** — « W. DEONNA, *Questions d'archéologie religieuse et symbolique* ». — La dorure partielle des statues: Les causes qui expliquent l'œuvre d'art sont souvent complexes, et l'on peut donner d'un phénomène artistique des interprétations différentes. Il en est ainsi pour la dorure des statues. Elle peut n'avoir d'autre but

que de communiquer au bois, à la pierre, etc., l'apparence d'une matière plus précieuse. Ailleurs, la dorure ne sert qu'à varier la polychromie statuaire, mais souvent aussi elle a une valeur symbolique, qui est bien connue: l'éclat du métal répondant au rayonnement divin. Si l'or de certaines chevelures ne tend qu'à rappeler la teinte naturelle, ailleurs il a cette valeur symbolique; si l'on dore les lèvres de certaines statues comme procédé de polychromie conventionnelle, les lèvres dorées des crânes que les chrétiens découvraient dans les sanctuaires païens d'Alexandrie, avaient une valeur rituelle. Mais l'on connaît des exemples de dorure symbolique partielle. Suivant le rite funéraire égyptien, on dorait les doigts et la face de la momie, dont le visage devait « resplendir comme la lumière ». Au moyen âge le visage du Christ et ses mains sont jaune d'or pour exprimer la même idée, celle que son corps rayonne d'une lumière surnaturelle; aujourd'hui encore, les indigènes du Baoulé (Côte d'Ivoire) recouvrent d'or les yeux, la bouche ou la tête entière des personnages de marque. F. S.

Archives de Psychologie - (Décembre 1913). — « C. J. JUNG, *Contribution à l'étude des types psychologiques* ». — L'hystérie et la démence précoce expriment deux attitudes opposées vis-à-vis du monde extérieur, la première étant caractérisée essentiellement par ce que l'auteur appelle l'*extraversion*, la dernière par l'*introversion*. Il y a extraversion toutes les fois que c'est au monde extérieur, à l'Objet que l'individu accorde son intérêt fondamental et attribue une importance et une valeur essentielles; et il y a introversion toutes les fois que le monde objectif subit une sorte de dénigrement ou de déconsidération au profit du Sujet lui-même, qui accapare alors tout l'intérêt de l'individu et entre pour ainsi dire seul en ligne de compte à ses propres yeux. Ainsi comprises, l'extraversion et l'introversion réprésentent presque deux tendances psychologiques normales et qui, dans l'hystérie et dans la démence précoce, se trouvent seulement poussées au plus haut degré. Sous des noms différents, ces tendances ont servi de tout temps à classer, à cataloguer les types psychologiques: idéologues (introversion) et positivistes (extraversion) de W. James; classiques (introversion) et romantiques (extraversion) de W. Ostwald; *Einfühlungsdrang* (extraversion) et *Abstractionsdrang* (introversion) de Worringer; le type naïf (introversion) et type sentimental (extraversion) de Schiller; esprit Apollinien (introversion) et esprit Dionysien (extraversion) de Nietzsche, etc. S. J.

Astronomie - (Janvier 1914). — « CAMILLE FLAMMARION, *Magnétisme interastral : la communication magnétique entre le Soleil et la Terre* ». — On sait que la boussole présente une oscillation diurne

dont l'amplitude varie chaque jour, chaque mois, chaque année. Si l'on prend la moyenne des observations d'une année entière, on constate que cette oscillation atteint presque parfois du simple au double, et que cette variation s'effectue dans une période de onze années. Le maximum de l'oscillation diurne coïncide avec le maximum d'activité solaire, qui se manifeste dans la formation de taches, de facules, de flammes rayonnantes etc., et dont les aurores boréales constituent, avec l'oscillation diurne de l'aiguille aimantée, une des principales expressions. L'auteur rappelle l'interruption brusque des communications télégraphiques et téléphoniques qui s'est produite dans le monde entier le 25 septembre 1909 et dont on a longtemps ignoré la cause, jusqu'au jour où la Société Astronomique de France eut signalé que cette interruption avait coïncidé avec le passage au méridien du Soleil d'un important groupe de taches environné de facules. Il existe donc incontestablement une communication magnétique entre le Soleil et la Terre. Cette communication peut être due soit à l'action de la force répulsive émanée du Soleil, soit à celle d'électrons qui, projetés en torrents de l'astre central, rencontreraient la Terre avec la vitesse de plusieurs milliers de kilomètres par seconde, le phénomène étant d'autant plus intense que ces effluves lancés du Soleil arriveraient plus directement sur notre globe. S. J.

Bulletin de l'Institut de sociologie Solvay - (28 Février 1914). — « Paul de Reul, *Langage, pseudo-langage et langage-signal chez les animaux* ». — Personne ne songe à nier que les animaux sont capables de se donner entre eux certaines indications. La question est de savoir si cette faculté mérite bien chaque fois le nom de langage. Or, en dehors de l'hypothèse de Darwin qui montre comment les manifestations vocales des animaux peuvent se développer comme moyen de séduction entre les sexes, nous pouvons concevoir que le langage réflexe, expression d'émotions, se transforme en langage-signal. L'exemple classique est celui du chien courant qui donne de la voix et rallie la meute à la vue du gibier; mieux encore celui de la poule qui glousse et avertit ainsi ses petits au moment du danger. Même si ce gloussement est d'abord de nature réflexe, il semble difficile de nier qu'il n'ait pris, par l'aptitude associative, la valeur d'un avertissement ou son-signal. N'importe: il y a un fossé profond encore entre ce langage-signal et ce que nous appelons, chez l'homme, le langage. Les gloussements de la poule ne sont pas conventionnels, pas transmis des parents aux enfants; en effet, la poule qui émet ces sons que nous traduisons par « aliments » ou « danger » n'a pas appris à les émettre. Il est un point plus important: la perception d'un son-signal n'est pas la même chose que

la notion abstraite du signe. La poule qui glousse agit ainsi sous l'empire de sensations actuelles, les poussins associent une sensation immédiate avec le souvenir de sensations semblables ou analogues: ce qui manque encore, ce qui est l'élément caractéristique du langage humain, c'est l'évocation volontaire de sensations ou représentations inactuelles. L'existence de cet élément pourrait être affirmée par exemple dans le cas imaginaire où, des chiens courants se trouvant réunis au chenil après la chasse, l'un d'eux pousserait un aboiement qui entrainerait toute la meute en une chasse nouvelle et non commandée. F. S.

Giornale degli economisti e rivista di statistica - (Janvier 1914). — « CORRADO GINI, *L'uomo medio* » *(L'homme moyen)*. — Dans cette leçon inaugurale de son cours de statistique à l'Université de Padoue, M. Corrado Gini reprend l'examen d'une question très discutée et intéressante: celle de l' « homme moyen » de Quételet. Il le considère à un quadruple point de vue: comme construction logique, comme type de l'équilibre physique, comme idéal esthétique et comme idéal moral. En tant que conception, celle de l'homme moyen paraît acceptable, parce qu'elle diffère peu de celle de l'homme médian qui est théoriquement impeccable. Par beaucoup de caractères, l'homme moyen ne correspond pas à l'idéal de l'équilibre physique, parce que la sélection naturelle tend à déplacer le type de l'espèce vers une valeur s'écartant de la moyenne; en tant qu'idéal esthétique, l'homme moyen semble agir au contraire comme force centripète, tandis que la tendance à styliser la race ou l'imitation de modèles supérieurs agissent comme forces centrifuges. Au point de vue moral, enfin, l'homme moyen n'a jamais incarné le type de la grandeur. F. S.

Nature (The) - (22 Janvier 1914). — « F. A. D., *A remarquable anticipation of Darwin* » *(Une remarquable anticipation de Darwin)*. — Il s'agit d'un opuscule ayant pour auteur un certain G. W. Sleeper et imprimé à Boston en 1849. Cet opuscule a été adressé au professeur Poulton, président de la Linnean Society de Londres, par le Dr Alfred Russell Wallace, lequel l'avait reçù à son tour d'un gentleman américain, M. R. B. Miller. On trouve dans ce petit ouvrage, non seulement comme dans beaucoup d'autres de l'époque pré-darwinienne, certaines intuitions transformistes, mais une véritable anticipation du darwinisme, dont les principes fondamentaux se trouvent formulés, pour ainsi dire, avant la lettre dans des termes tels qu'on est tenté de se demander s'il s'agit là d'un ouvrage vraiment authentique, ou d'une production portant une fausse date. Citons quelques-unes des expressions de cet auteur méconnu: « La vie doit ses premiers commencements aux germes primitifs.... qui

remplissent toute l'atmosphère terrestre, et peut-être la totalité du Cosmos »; « partout autour nous nous voyons sévir la lutte impitoyable pour la vie.... les inutiles périssent, les utiles survivent et progressent »; « l'homme et le singe descendent de quelque type primitif commun »; « les germes de vie qui existent chez l'homme se transmettent à ses descendants et se perpétuent indéfiniment », etc.

— — (5 Février 1914). — « JOHN W. JUDD, *Observations at the bottom of the crater of Vesuvius* » *(Observations faites au fond du cratère du Vésuve).* — C'est encore une question très débattue que celle concernant la nature et l'origine des gaz qui produisent une action explosive dans les volcans. Tandis que les uns attribuent cette action principalement, si non uniquement, aux gaz aqueux, d'autres, dont M. Brun, de Genève, n'attribuent à ces gaz qu'un rôle insignifiant. Or la découverte, faite par le professeur Malladra, d'une route praticable permettant d'atteindre le point le plus bas du cratère actuel du Vésuve, et l'utilisation de cette route par M. Frederick Burlingham pour ses travaux cinématographiques permettront peut-être de résoudre très prochainement cette question discutée. Le fond du cratère se trouve à mille pieds de profondeur, et une brèche qui s'est ouverte dans ce fond à la suite de l'éruption de 1906 présente à son tour une profondeur de 212 pieds. M. Burlingham a pu ainsi descendre avec son appareil jusqu'à une profondeur de 1212 pieds et y recueillir certains films très intéressants. En y enfonçant des tubes et des vases collecteurs, on pourrait facilement recueillir à ce niveau des gaz aux fins d'analyse, et ces gaz ainsi recueillis ne donneraient plus lieu aux objections qu'on peut raisonnablement opposer aux échantillons prelevés au niveau des « fumaroles ».

— — (19 Février 1914). — « R. D. OLDHAM, *The Constitution of the Interior of the Earth as revealed by Earthquakes* » *(La constitution de l'intérieur de la Terre, telle que la révèlent les tremblements de terre).* — Le double caractère des secousses préliminaires, représentant l'arrivée de deux formes distinctes de mouvement ondulatoire, peut être suivi sans discontinuité jusqu'à une distance d'environ 110°, ou 12.000 kilomètres à partir du point d'origine. En comparant entre eux les moments d'arrivée des ondes aux différentes distances, on constate que les intervalles augmentent graduellement et progressivement avec les distances. Mais au-delà de 12.000 kilomètres, la deuxième phase ne peut plus être reconnue avec certitude: elle est alors ou totalement absente ou n'est plus représentée que très faiblement, après un délai considérable, si l'on tient compte du temps que les ondes auraient dû mettre pour parcourir cette distance, d'après des données tirées de distances inférieures à partir du point d'origine. Il en résulterait que, pour parvenir à ces stations distantes, les ondes doivent traverser un noyau central de matière

qui diffère par sa constitution de la portion extérieure de la Terre, en ce sens que le noyau en question est ou tout à fait incapable de transmettre les ondes de la deuxième phase ou ne le fait qu'avec une énergie et une vitesse considérablement diminuées. S. J.

Revue Anthropologique - (Janvier 1914). — « F. SCHRADER, *Les lois de préservation aux États-Unis* ». — Parmi les groupements humains, on a souvent remarqué que les plus jeunes, comme les États de l'Amérique du Nord, se considéraient comme plus indépendants des conditions extérieures que les peuples d'ancienne culture. Ce dédain des rapports avec le passé et avec le milieu environnant, avait fini par aboutir à des habitudes d'abus de toutes choses naturelles, la nature étant considérée comme inépuisable d'abord, comme méprisable ensuite, l'homme seul méritant d'être pris en considération. Une des formes les plus frappantes de cet abus, c'était la culture épuisante des terres, ou bien le déboisement. Le résultat c'était l'appauvrissement du milieu, insensible d'abord, mais s'accélérant à mesure que l'humanité arrivait à s'emparer de forces plus considérables. Le fait nouveau, qu'étudie l'A., c'est l'évolution récente et déjà très sensible qui commence à se produire, précisément aux États-Unis, dans cette façon de voir et d'agir. Ainsi la loi de « Reclamation », en matière d'entreprises d'irrigation, a créé entre les deux systèmes du « laissez-faire » et de l' « Étatisme » une émulation féconde en corrigeant et complétant l'un par l'autre. C'est de ce point de vue synthétique qu'ont surgi non seulement le « Reclamation act » et le « Reclamation service », mais toute une série d'annexes qui ont fait de cet « act » et de ce « service » la clef d'une politique nouvelle. Pour bien comprendre le mode de développement de cet ensemble de lois et d'organes sociaux, il importe de ne pas oublier que le gouvernement central s'est trouvé à un certain moment disposer librement d'un espace de 7.200.000 kilomètres carrés. Cette surface, par suite des progrès de la colonisation, s'était réduite graduellement, vers 1910, à 2.000.000 de kilomètres carrés. C'est en présidant à la distribution ou à l'attribution de cette énorme richesse agricole, forestière, minière et hydraulique, en prenant soin de sauvegarder les intérêts antagonistes et surtout l'avenir à côté du présent, que le gouvernement central a rectifié la marche de l'État, et obvié à des vices d'organisation ou à des appropriations abusives qui pouvaient dégénérer en catastrophes. La société américaine a donc commencé à réaliser le principe: que l'harmonie entre l'humanité actuelle et la planète est indispensable à la sauvegarde de l'humanité future.

— — (Février 1914). — « L. DE LANESSAN, *L'attitude de Darwin à l'égard de ses prédécesseurs au sujet de l'origine des espèces* ». — En 1859, lorsque parut l'*Origine des espèces*, on commençait à s'éman-

ciper des théories créationistes de Cuvier, mais on ne connaissait guère les travaux de Lamarck ou de Buffon. L'*Origine des espèces* fut donc généralement considérée comme l'expression d'une doctrine entièrement nouvelle. Ch. Darwin rappelait qu'après Buffon, Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire et Goethe, un grand nombre de naturalistes avaient adopté l'idée que les espèces sont susceptibles de subir, sous l'influence de conditions diverses, des transformations assez prononcées, mais, dominé par la préoccupation de découvrir une cause nouvelle de ces transformations, il ne montrait guère que du dédain pour les idées émises par ses prédécesseurs. La lecture attentive de tous ses ouvrages justifie l'opinion d'après laquelle Darwin aurait emprunté à ses prédécesseurs français beaucoup d'idées. L'idée que toute l'évolution des êtres est dominée par de simples lois naturelles n'appartient-elle pas à Buffon et à Lamarck? celle que les variations sont produites, dans les êtres vivants, par « l'action directe et indirecte des conditions d'existence, de l'usage et du défaut d'usage » n'appartient-elle pas également à Buffon et à Lamarck? celle que la lutte pour l'existence détermine « la divergence des caractères et l'extinction des formes moins perfectionnées » ne se trouve-t-elle pas exprimée en termes formels dans l'œuvre générale de Buffon? On est donc dans le vrai quand on dit que les fondements de la doctrine de Darwin avaient été édifiés par Buffon et Lamarck, les véritables fondateurs du Transformisme. F. S.

Revue des Deux-Mondes - (1er Décembre 1913). — « CH. NORDMANN, *Les conquêtes récentes du système métrique* ». — Talleyrand, avec son projet d'unifier les mesures françaises, a déclanché tout le mouvement scientifique qui a abouti à l'élaboration du système métrique par l'Académie des Sciences et la Convention. Les travaux effectués en 1793 ont été très sérieusement poursuivis: l'étalon du mètre de la Convention ne diffère que d'un cinquième de millimètre du mètre actuel, l'étalon du kilogramme que d'un 50 millième. De nombreux états ont adhéré récemment au système métrique, la République Chinoise en dernier lieu. Restent en dehors l'empire britannique, pour des raisons de tradition: encore est-il que les savants n'emploient que ce système, et plusieurs colonies anglaises y ont adhéré. L'étalon en platine du mètre à bouts est aujourd'hui remplacé par l'étalon en platine irridié à traits du Bureau des poids et mesures de Sèvres; mais on trouve un moyen constant de définir le mètre dans les ondes lumineuses de la raie rouge du cadmium. Mais pour le travail des machines, la force, la température, l'électricité, etc., il y a des quotations qui restent en dehors du système métrique. Un projet français prévoit une unification, au moins nationale pour commencer, de toutes ces mesures: watt (puissance

des machines), newton (force), bougie décimale (électricité), etc. Et le carat métrique français, employé pour les pierres précieuses, a été adopté par plusieurs états. Ce qui semble devoir rester hors du système métrique c'est la mesure des subdivisions de la circonférence (en dépit des efforts de la Convention) et la mesure du temps. G. B.

Revue hebdomadaire - (31 Janvier 1914). — « E. PERRIER, *Cuvier* ». — Né d'une famille protestante, doué d'une forte intelligence, Cuvier se décida pour l'étude des sciences naturelles après avoir lu Buffon. A Paris en 1795, il s'installa au *Museum*, chez Geoffroy Saint-Hilaire, et dès lors poursuivit des recherches qui aboutirent en 1811 à son livre sur les ossements fossiles. Remarquable comme observateur expérimental, il est parvenu, par la géologie, à établir les grandes lignes de la chronologie des fossiles. Mais il n'a pas voulu toucher à l'interprétation traditionnelle de la Bible: déluge, survenu il y a 5 ou 6000 ans, modifications des espèces procédant de cataclysmes, espèces nouvelles surgissant dans des régions désertes, permanence des espèces. Cette erreur foncière de Cuvier ne provient pas seulement de son attitude religieuse, elle se rattache à la nature de ses premiers études, qui ont porté sur les animaux les plus éloignés de l'homme, de sorte qu'il n'a pas pu se rendre facilement compte de l'unité du plan de composition. Ces théories l'amenèrent à rompre avec éclat, en 1830, avec Geoffroy Saint-Hilaire, à propos de la théorie qui mettait les pieuvres dans le plan des vertébrés. L'influence de Cuvier resta prépondérante dans les études jusqu'aux environs de 1860, où l'évolutionnisme commença de la battre en brèche.

— — (28 Mars 1914). — « E. PERRIER, *Encore la génération spontanée* ». — La loi pasteurienne établit que tout être, si simple soit-il, provient d'un être vivant qui a existé avant lui. Contre cette loi et ses conséquences, il s'est dessiné, dans ces derniers temps, un mouvement, dont les principaux représentants sont le D.r Leduc et l'Anglais Charlton Bastian. En réalité, le mémoire de Bastian, publié dans la « Revue scientifique » de septembre 1913, laisse intacte la loi pasteurienne. Bastian a opéré avec des solutions alcalines, purement minérales; mais Pasteur, à propos de ses premiers travaux, avait déjà prouvé que Bastian ne savait pas stériliser ses tubes, où sont d'ailleurs apparues des espèces microbiennes bien connues. Bastian assimile la production des êtres vivants à celle des cristaux, ignorant les travaux de Guilliermond et Pénaud sur la complication interne des bactéries et l'inexistence de la monère simple de Heckel; chaque particule de matière vivante résume des siècles d'hérédité, ce qui s'oppose à la production rapide d'organismes vivants dans les tubes de Bastian. Bastian ignora aussi les travaux

sur les bactéries de l'atmosphère (13.500 pour 50 l. d'air), véritable plankton atmosphérique. Bastian s'attache à sa théorie parce qu'il croit résoudre par elle plusieurs grands problèmes; l'hypothèse, plus sérieuse, du panspermisme interspatial les résoudrait également. Au point de vue expérimental, en tout cas, ses prétentions sont insoutenables: la loi pasteurienne subsiste inexpugnable. G. B.

Revue d'Histoire et de littérature religieuse - (Janvier-Février 1914). — « A. LOISY, *L'évangile de Jésus et le Christ ressuscité* ». — Ce n'est pas l'Évangile de Jésus qui a conquis le monde, c'est un mystère de salut universel fondé sur la valeur mystique de la mort de Jésus, interprétée par une gnose où se synthétisent les efforts des sectateurs de Dionysios, d'Éleusis, de la Mère, d'Isis et de Mithra. Jésus, en effet, appartient à la catégorie des prophètes juifs et a restreint son idéal messianique à l'instauration d'un Israël nouveau; l'Évangile n'est pas une religion nouvelle, c'est un mouvement d'enthousiaste juif associé à un idéal très pur de justice sociale et de morale privée, qui ne pouvait manquer de se heurter à l'organisation cultuelle juive, au système politique romain. L'Évangile paulinien est basé sur la croyance à la résurrection; celle-ci était fondée sur le sens-même de la mission messianique de Jésus, mais elle mettait ses sectateurs déjà en dehors du judaïsme. Ils se sont constitué très tôt une liturgie propre: baptême, « fraction du pain », observation du dimanche, — jour qui est à la fois le jour du soleil et le jour du Christ ressuscité. G. B.

Revue de Paris - (1er Décembre 1913). — « L. HOULLEVIGUE, *L'eau souterraine* ». — L'hydrologie est une science nouvelle qui ouvre des perspectives infinies aux réflexions des géologues, des physiciens et des chimistes. L'eau souterraine ne provient pas seulement des infiltrations de l'eau superficielle. Il y a d'abord des gisements très anciens d'eau. Puis les roches primitives, granits, porphyre, etc., contiennent beaucoup d'eau (1 $Km.^3$ de granit = 26 millions t. d'eau; 1 $Km.^3$ de porphyre = 48 millions t. d'eau). C'est ce qui explique que les sources thermales soient si fréquentes dans les régions volcaniques et qu'elles ne diminuent pas par suite de la sécheresse atmosphérique. Si l'eau souterraine surgit souvent très chaude, c'est qu'il y a dans la terre des pressions formidables, correspondant à la forme gazeuse de l'eau: la minéralisation de cette eau s'explique ainsi, car au-dessus de 300°, elle se comporte comme un acide. L'eau souterraine a apporté ainsi, en filons, les métaux de la masse centrale et collaboré à l'édification de la croûte terrestre. Cette origine explique également la radioactivité des eaux thermales et la présence en elle de gaz rares: si chacune a son individualité propre, on retrouve dans toutes de l'hélium dans les proportions diverses,

et toutes émettent du krypton, du xénon et de l'argon dans les mêmes proportions, — gaz qui sont les restes, décelés dans ces eaux, de l'atmosphère fossile de la nébuleuse primitive. G. B.

Revue Philosophique - (Février 1914). — « FÉLIX LE DANTEC, *Considérations sur le repos et le sommeil* ». — Les phénomènes du fonctionnement vital mettent en œuvre une *tension* entre deux pôles de nom contraire, et le résultat à longue échéance d'une série de fonctionnements est le *vieillissement*. En dehors de celui-ci, qui est fatal, il y a *fatigue-élasticité* pour un corps vivant qui a longuement fonctionné en tension; mais, comme cela a lieu pour un ressort tendu que l'on tendrait alternativement en sens inverse, le corps vivant a une attitude de *relâchement* (en deçà de la position moyenne), contraire à l'attitude de *tension* (au-delà de la position moyenne). Ces deux attitudes sont visibles dans les muscles. Les éléments à oscillations rapides (cils vibratiles, cœur, poumons) *vieillissent* fatalement, mais nous n'avons pas le temps de constater qu'ils se fatiguent, car leurs mouvements en-deçà et au-delà de la position moyenne se corrigent réciproquement. Les éléments à oscillation lente (muscles des membres, substance du cerveau) fonctionnent en tension pendant de nombreuses heures; alors, ils sont fatigués, et ils seraient surmenés si les conditions réalisées autour d'eux ne les faisaient passer pendant un nombre d'heures suffisant à l'attitude inverse ou de retâchement. Pour le cerveau, pour les centres nerveux, les deux attitudes au-delà et en-deçà s'appellent *veille* et *sommeil*. S. J.

Revue Scientifique - (24 Janvier 1914). — « M. C. BEAU, *La symbiose fungique des Orchidées et l'adaptation à la vie xérophile* ». — Contrairement à l'opinion exprimée par certains botanistes et se basant sur les observations de M. Noël Bernard, l'auteur voit dans ce qu'il appelle « l'infection mycélienne » des plantes à mycorhizes, des Orchidées en particulier, non une adaptation exclusive à la sécheresse, mais plus généralement le moyen par lequel s'établissent les rapports nécessaires de concentration qui conditionnent les échanges d'eau entre la plante et le milieu extérieur. En d'autres termes, le mycélium serait une sorte de régulateur de l'hydratation interne, propre à réagir tantôt contre la sécheresse extérieure, tantôt contre l'excès d'humidité. Mais comme il est impossible de considérer la pénétration d'eau dans la plante, indépendamment de l'aliment dissous, lequel est « principe trophique » autant que l'eau elle-même, on est bien obligé de reconnaître au mycélium le rôle de favoriser soit la pénétration de l'aliment dans la plante, soit son utilisation par celle-ci. Et cela est vrai aussi bien de composés organiques, au moins d'hydrates de carbone dissous, que de sels minéraux.

—— (14 Février 1914). — « MAX PLANCK, *Les nouvelles voies des théories physiques* ». — Les remarquables découvertes que la physique a réalisées depuis environ une génération ont, il est vrai, produit dans nos théories physiques de graves et profonds changements, mais ces changements, loin d'être des œuvres de destruction, sont bien plutôt des achèvements et des élargissements. Les grands principes généraux de la physique, tels que le principe de la conservation de l'énergie, le principe de la conservation de la quantité de mouvement, le principe de la moindre action, les principes de la thermodynamique sortent intacts des assauts qui leur ont été livrés au cours de ces dernières années et se montrent tout à fait d'accord avec les faits nouveaux. Seules ont succombé les propositions qui ont bien servi jusqu'à présent comme point de départ aux développements théoriques, mais seulement parce qu'on les regardait comme si évidentes qu'on estimait inutile, d'ordinaire, de les mentionner en particulier, ou même qu'on l'oubliait absolument. Parmi ces propositions, auxquelles il a fallu renoncer devant l'évidence des faits nouveaux, M. Planck cite l'immuabilité des atomes chimiques, l'indépendance mutuelle des grandeurs de l'espace et du temps et la continuité de toutes les actions dynamiques.

—— (7 Mars 1914). — « LOUIS ROULE, *Les poissons migrateurs* ». — Il y a un déterminisme migrateur. Les espèces sédentaires de poissons ont une équilibration facile; peu exigeantes relativement, elles trouvent aisément autour d'elles ce qui leur convient. Les espèces périodiques et migratrices ont une équilibration plus délicate. Les exigences de leur milieu intérieur se rendant considérables, à de certaines périodes, par besoin de chaleur plus grande, ou d'oxygène dissous plus abondant, ou d'aliments plus nombreux, ou d'assimilation plus active, l'organisme en est conduit à se déplacer progressivement vers les lieux où ces circonstances favorables se réalisent le mieux. Il y va, entraîné par un véritable tropisme, où la volonté n'intervient pas, où nul instinct prévoyant n'exerce d'influence, où l'action directe, immédiate et présente du milieu environnant joue le rôle principal. C'est sur l'étude de ces actions, et non ailleurs, que doivent porter les recherches ultérieures. Les travaux futurs devront considérer, non seulement l'individu pris en lui-même, dans les phases successives de son existence, mais aussi et surtout le milieu aquatique dans sa diversité multiple d'états physiques, chimiques, dynamiques, biologiques. S. J.

Revue de Synthèse historique - (Août-Octobre 1913). — « L. DAVILLÉ, *La comparaison et la méthode historique* ». (Suite au N.° de décembre 1913). — La définition de la comparaison est difficile: la meilleure consiste à dire qu'elle rapproche deux choses pour en apercevoir

les ressemblances et les différences. Au point de vue de l'objet, il faut distinguer la comparaison individuelle et la comparaison générique; la première prépare la seconde, la seconde constitue la comparaison génétique, embryologique ou évolutionniste, et aboutit à la classification et à l'explication causale. En histoire, comme dans toutes les sciences, la comparaison joue un très grand rôle: l'euristique, qui repose sur la chronologie, sur le déchiffrement, sur la diplomatique, la critique, qui n'est qu'une confrontation de la pensée avec elle-même, et procède au moyen d'une succession de raisonnements par analogie, qu'il s'agisse de témoignages (critique des textes et des sources) ou de faits relatés (critique d'interprétation, de sincérité, d'exactitude, de réalité, d'identification, de localisation), sont à la base de l'histoire et relèvent du procédé comparatif.

— — « P. LACOMBE, *Réflexions sur l'influence des idées pures* ». — L'homme agit à la sollicitation de ses intérêts, conformément à ses croyances. Mais l'action des croyances sur les individus est d'autant plus faible qu'elle est plus largement théorique. Les hautes spéculations restent inactives, à moins qu'elles n'aboutissent à des applications qui, elles, réagissent immédiatement sur les motifs humains: ainsi, il n'est pas exact de dire que le christianisme a aboli l'esclavage. Dire que la religion du foyer détermine tout le droit ancien, comme l'affirme Fustel, c'est faire état de simultanéités qui ne sont pas nécessairement en rapport de cause à effet. L'histoire des sectes, des partis parait bien montrer, d'autre part, que ce qui est essentiel, pour l'activité humaine, ce sont moins les idées que les hommes, avec leurs forces de haine et de sympathie.

— — (Décembre 1913). — « A.-D. XÉNOPOL, *La causalité dans la série historique* ». — La connaissance scientifique des faits qui se répètent n'est obtenue qu'au moyen de la loi basée sur la généralisation; celles des faits qui se suivent qu'au moyen de la série basée sur l'enchainement. M. Xénopol a démontré ces thèses dans ses « Principes fondamentaux de l'histoire » (1899) et dans sa « Théorie de l'histoire » (1908). Mais la série est toujours le produit d'un enchainement causal entre les faits qui la constituent. C'est ce qui est prouvé par l'histoire de l'unification des principautés danubiennes, celle de l'influence française en Roumanie, celle de la mort de Louis XVI. Les cas où les motivations causales font défaut dans les séries considérées s'expliquent vraisemblablement par des insuffisances dans les recherches historiques ou dans la réflexion ou par des lacunes dans les sources. G. B.

CRONACA - CHRONIQUE
CHRONIK - CHRONICLE

CONGRÈS ET RÉUNIONS.

LVIe Congrès de l'Association américaine pour l'avancement des sciences.

L'Association américaine pour l'avancement des sciences a tenu son 56e Congrès à Atlanta (Géorgie), du 29 décembre 1913 au 3 janvier 1914, sous la présidence du Dr E. B. Wilson, de la Columbia University. Le président sortant, M. E. C. Pickering, directeur de l'Observatoire de Harvard College, a lu une communication intitulée: *L'étude des étoiles.* Parmi les autres rapports et communications, signalons les suivants: *L'influence des séries de Fourier sur le développement des mathématiques,* par M. E. B. Van Vleck; *Les méthodes de la science; à quoi s'appliquent-elles?,* par M. A. G. Webster; *De la sécurité et de la prévention de gaspillage dans les opérations minières et métallurgiques,* par M. J. A. Holmes; *Histoire pléistocène du fleuve Missouri,* par M. J. E. Todd; *Histoire de l'ascendance humaine,* par M. W. A. Locy; *Évolution d'un problème botanique,* par M. D. S. Johnson; *Le développement de notre commerce extérieur,* par M. J. H. Hammond; *L'instruction physiologique des étudiants en médecine,* par M. J. J. R. Macleod; *Science, Éducation et Démocratie,* par J. Mc Keen Cattel. — Deux conférences publiques complémentaires ont été en outre offertes aux citoyens d'Atlanta: *La santé de la mère dans le Sud,* par le Dr C. W. Stiles; *Les ressources explosives de la Confédération pendant la guerre et actuellement: un chapitre de l'histoire de la chimie,* par M. le prof. Munroe. — Parmi les questions discutées au cours des séances plénières, signalons celle relative à la pellagre: il resulte notamment des dernières recherches de la Commission Thompson-Mac Fadden que cette maladie est un effet, non de tel ou tel régime alimentaire, mais de la contamination par des *excreta;* le vecteur le plus probable de la pellagre serait la mouche *Stomoxys calcitrans.*

Une conférence de phytopathologie.

A la fin de février 1914 s'est tenue à Rome la conférence de phytopathologie, réunie à la demande du gouvernement français sous les auspices de l'Institut international d'agriculture, dans le but de préparer une

convention internationale qui obligerait les états adhérents à installer chacun un service particulier de phytopathologie, à se communiquer réciproquement des renseignements sur les maladies des plantes, et à instituer pour l'importation de plantes déterminées l'obligation d'un certificat sanitaire.

Réunions et Congrès annoncés.

*** *LXXXIVème Réunion annuelle de la British Association.* — La 84e Réunion annuelle de l'Association Britannique s'ouvrira à Adélaïde, en Australie, le 8 août 1914, sous la présidence du professeur W. Bateson. Ce sera pour la cinquième fois que cette Association tiendra ses assises en dehors des Iles Britanniques: elle s'est en effet réunie antérieurement trois fois au Canada et une fois dans l'Afrique du Sud. Des réunions officielles auront lieu à Adélaïde (4 jours), à Melbourne (7 jours), à Sidney (7 jours) et à Brisbane (4 jours), mais les travaux ordinaires des sections ne se feront qu'à Sidney et à Melbourne, trois sessions étant consacrées à chacune de ces villes. Ce Congrès promet d'être des plus intéressants, et nous ne manquerons pas d'en rendre compte en temps utile.

*** *IVe Congrès international de Neurologie, de Psychiatrie et de Psychologie.* — Sur l'invitation du Comité Hollandais, qui a organisé avec tant de succès le Congrès d'Amsterdam de 1907, la Société Suisse de Neurologie a accepté la mission d'organiser, en collaboration avec la Société des Aliénistes Suisses, le IVe Congrès international de Neurologie, de Psychatrie et de Psychologie. Le Congrès aura lieu à Berne du 7 au 12 Septembre 1914, sous la présidence d'honneur du Président de la Confédération Suisse. Le Congrès comprendra trois sections (I: Section de Neurologie. II: Section de Psychiatrie. III: Section de Psychologie), pour chacune desquelles sont annoncées des communications qui susciteront sans doute le plus vif intérêt, tant par la nature des questions traitées que pas les noms des auteurs. Citons quelques-unes des communications annoncées: dans la section de neurologie le professeur Ramon y Cajal, de Madrid, parlera de la *Régénération du système nerveux;* les professeurs Sherrington, d'Oxford, et Pierre Marie, de Paris, des *Voies réflexes dans la moelle et dans le bulbe;* les professeurs Donaldson, de Philadelphia, Edinger, de Francfort s. M., et Johnston, de Minneapolis, feront un rapport *Sur le développement et l'accroissement du cerveau.* Dans la section de psychiatrie, le D.r Weiler, de Munich, fera une communication sur *La périodicité en psychopathologie;* le professeur Tamburini, de Rome, parlera de *La démence et de la pseudo-démence;* le professeur Bechterew, de St. Pétersbourg, entretiendra le Congrès de *La pathogénie et le traitement des phobies.* Pour la section de psychologie sont annoncées les communications de M. le professeur F. W. Mott, de Londres, et du D.r Ladame, de Genève, sur *L'hérédité psychologique;* du professeur Flournoy, de Genève, sur les *Bases biologiques de la psychologie;* de M. le prof. Ziehen, de Wiesbaden, de M. Simon, de Rouen, et de M.elle Descoendres, de Genève, sur les *Tests de l'intelligence;* de M. le prof. Morton Prince, de Boston, et de M. Eugenio Rignano, de Milan, sur *L'inconscience, la conscience et l'attention;* de M. le prof. Sante De Sanctis, de Rome, et de M. le D.r Jung, de Zurich, sur

La psychologie du rêve. Font partie du comité d'organisation MM. P. Dubois, C. von Monakow, Ed. Claparède. Les adhésions et les demandes de renseignements doivent être adressées au D.r Schnyder, secrétaire général du Congrès, à Berne (31, rue Monbijou).

*** *Un prochain Congrès des races.* — Le 28 février 1 4 s'est tenue à Paris, à la Dotation Carnegie, une réunion ayant pour but de préparer un prochain Congrès des races à Paris en 1915.

*** *VIIIe Congrès international d'Anthropologie criminelle.* — Le huitième Congrès International d'Anthropologie Criminelle aura lieu à Budapest, du 14 au 17 Septembre de cette année. Les communications seront groupées autour des questions suivantes: 1. Le danger que présentent les criminels, au point de vue médical et juridique; 2. Les difformités crâniennes comme caractère de dégénérescence: 3. Les altérations psychiques séniles au point de vue criminologique; 4. La préparation de juges et de procureurs d'État pour les tribunaux de mineurs et la préparation de *probation officers;* 5. La défense sociale.

*** *IVe Congrès international d'Études historiques.* — Ce Congrès aura lieu en 1918 à Saint Pétersbourg. Un programme provisoire a été établi, qui comprend les sections suivantes: I: La théorie de l'histoire. Les sciences auxiliaires. Opérations techniques. II: Anthropologie; Ethnologie; Préhistoire. III: Histoire ancienne de l'Orient, de la Grèce et de Rome. IV: Histoire de l'Occident de l'Europe et des colonies européennes. V: Histoire de l'Orient de l'Europe et des pays voisins. Byzance et l'Orient chrétien. L'Islam. La Chine et le Japon. La Russie. VI: Histoire de l'esprit humain (histoire des religions et des philosophies, des littératures, des sciences, de l'art). VII: Histoire économique et histoire du droit.

*** *Ier Congrès international de Phonétique experimentale.* — Le Ier Congrès international de phonétique expérimentale se tiendra à Hambourg, du 19 au 22 avril 1914. La ville de Hambourg a été choisie pour la célébration de ces assises parce que c'est dans cette ville qu'a été créé le premier institut de phonétique expérimentale subventionné par les pouvoirs publics. Le comité organisateur du congrès comprend, entre autres, les noms de Brunot, Gauchat, Hegener, Von Luschan, Meinhof, Scripture, Viëtor, Zwaardtemaker, etc. Les communications relatives au congrès doivent être adressées au Phonetisches Laboratorium [Hamburg, 36].

NOUVELLES DIVERSES.

Les variations d'intensité des ondes hertziennes suivant le temps.

L'intensité des signaux émis par les postes de télégraphie sans fil varie non seulement aux différentes heures de la journée, mais encore aux diverses époques de l'année. C'est ainsi que M. Mosler, en Allemagne, a mesuré, durant une année, jour et nuit, au moyen d'un détecteur et d'un galvanomètre, l'intensité d'un courant de réception d'une station de T. S. F., située à une distance de 425 kilomètres, dans la direction de l'ouest. Il a constaté que pendant le jour l'intensité ne se trouve pas influencée par

la hauteur du Soleil et que cette intensité demeure constante pour toute l'année, mais que des valeurs maxima caractéristiques se manifestent pendant la nuit, en automne et au printemps. En général, M. Mosler observe qu'en été on ne peut compter sur une portée de nuit sensiblement plus grande que celle de jour pendant la saison la plus froide. On constate de nuit de fortes augmentations de l'intensité disparaissant rapidement. Elles semblent devoir être attribuées aux changements d'ionisation de l'atmosphère supérieure. Malgré des mesures minutieuses, on n'a constaté aucune influence exercée par l'éclat de la Lune sur l'intensité des signaux. — De son côté, M. le professeur E. W. Marchand a fait, entre Liverpool et Paris, des observations non moins curieuses. Ce sont les signaux lancés par la tour Eiffel à $10^h 45$ du matin et à $11^h 45$ du soir qui lui ont servi de point de comparaison. Les résultats des expériences montrent que le maximum de variation diurne d'intensité des signaux au cours du même mois est de 0,6 à 1,3, l'intensité moyenne étant de 1,1. Par une belle nuit claire, le signal a une intensité égale à 1,7 fois celle du signal de jour. L'état météorologique influe sur l'intensité des signaux émis et reçus. La pluie à Paris diminue toujours l'intensité de réception. Un vent soufflant du N.-O., à la vitesse de 6 mètres par seconde, a abaissé une fois de moitié l'intensité normale de réception. Le temps couvert est le plus favorable à la transmission et à la réception des signaux radiotélégraphiques. Si le ciel est clair, ou s'il n'y a que de légers nuages, les signaux sont plus faibles. La pluie, à la station réceptrice, ne semble pas avoir une forte influence sur l'intensité des ondes hertziennes. Après le coucher du Soleil, l'intensité des signaux se trouve renforcée brusquement de 70 %.

Découverte de nouvelles mines de radium.

On sait que l'extraction du radium est d'une difficulté extrême. Les minerais radioactifs sont d'ailleurs des plus rares. Les mines autrichiennes de Joachimsthal, fort riches en pechblende, ont été fermées, il y a quelques années, à l'exportation. Il va très probablement en être de même pour les mines de Quartz-Hill, du Colorado, aux États-Unis. Le minerai américain, constitué par un vanadate d'uranyle et de potassium, plus connu sous le nom de carnotite, contient environ 2 % d'oxyde d'uranium. — L'an dernier, la production de carnotite a donné près de 29 tonnes d'oxyde d'uranium, d'où on a pu extraire 8 gr. 8 de chlorure de radium valant plus de 2.700.000 francs. — Le gouvernement américain, désireux de conserver aux États-Unis la suprématie de la production des sels de radium, a déposé un projet de loi interdisant la vente des minerais radioactifs à l'étranger. — Jusqu'à présent, si tout le minerai mis à jour avait été traité pour en extraire le radium, on peut estimer à 40 grammes la quantité du précieux métal existant actuellement. Le minerai autrichien n'a fourni que 3 grammes 65 de chlorure de radium. — Or, il semble, d'après de très sérieuses nouvelles, que de grands dépôts de minerai radioactif viennent d'être trouvés dans le district de Perghana, situé dans le Turkestan russe. Selon une dépêche de Kingston, un professeur anglais aurait enfin reconnu du radium dans les montagnes de la Jamaïque. Ce serait là une importante découverte pour la science.

L'expédition antarctique du D.r Mawson.

Le docteur Mawson, de retour en Angleterre, après une expédition antarctique, au cours de laquelle il a perdu ses principaux collaborateurs, le lieutenant Ninnis et le docteur Mertz, vient de faire connaître les résultats de son exploration. Partie en janvier 1912 de la Terre Adélie, sa principale base, l'expédition Mawson avait pour but d'explorer cette section de l'Antarctique qui, située au sud de l'Australie, s'étend entre la région découverte par Scott et Shackleton, à l'est, et la Terre de l'Empereur Guillaume II, à l'ouest. Il s'agissait là d'une ligne côtière peu connue, puisque les seuls renseignements qu'on possédait à son sujet ont été rapportés, il y a plus de 70 ans, par les expéditions de Balleny, Dumont d'Urville et Wilkes. La valeur scientifique de l'œuvre ne peut pas encore être appréciée en détail. Mais, à en juger par le peu que nous en savons d'ores et déjà, elle doit être considérable. Une station de télégraphie sans fil, appelée à rendre les plus grands services aussi bien aux navigateurs dans les eaux australiennes qu'aux agriculteurs de ce continent, a été installée aux îles Macquarie. On parle de découverte de minéraux, entre autres de houille et de cuivre. Les voyages d'exploration à travers la mer de glace et le plateau continental ont couvert 2400 milles à partir de la base principale et 800 milles à partir de la base ouest. Des résultats précieux ont été obtenus par des sondages en pleine mer et le shelf continental antarctique a été tracé sur 55 degrés de longitude.

Voyages et expéditions scientifiques annoncés.

*** *Voyage en Sibérie.* — Un naturaliste norvégien, Orjan Olsen, a obtenu du gouvernement russe la permission de faire, pendant deux ans, des recherches biologiques, ethnographiques et archéologiques dans la Sibérie occidentale. Il se rendra d'abord à Krasnoïarsk, vers l'Iénisséi supérieur et les monts Saja; la seconde année sera consacrée à l'exploration du bassin de l'Iénisséi inférieur. Le retour en Norvège se fera, si possible, par eau à travers la mer de Kara. Les recherches ont pour but principal l'étude des rapports qui ont existé jadis entre les règnes végétal et animal de la Scandinavie et ceux de l'Asie septentrionale, ainsi que le développement de ces rapports jusqu'à nos jours.

*** *Voyage en Colombie.* — Le Prof. Dr. Th. Preuss, investigateur de l'ethnographie américaine, va entreprendre, à la demande du Musée d'ethnographie de Berlin, un voyage en Colombie, dont la durée est évaluée à une année et demie. Il étudiera les sculptures rupestres, près de San Agustin, dans la vallée supérieure du Rio Magdalena et organisera ensuite des explorations ethnographiques dans les parties peu connues du pays.

Un centre d'études électro-magnétiques.

C'est à la Sorbonne que va être créé ce centre, fait d'autant plus intéressant que rien de pareil n'existe encore dans aucune université étrangère. Le « clou » des nouveaux laboratoires électro-magnétiques sera un électro-aimant extrêmement puissant. On sait que les physiciens cherchent

depuis longtemps à réaliser des champs magnétiques intenses pour étudier les phénomènes relatifs à la constitution de la matière. Déjà le professeur Jean Becquerel possède au Museum d'histoire naturelle un électro-aimant construit par M. Pierre Weiss, de Zurich, d'une puissance de 50.000 gauss. MM. Deslandres, directeur de l'Observatoire de Meudon, et Pérot viennent de construire, sur un principe différent, un électro-aimant d'un très faible poids et d'une puissance de 50 à 55.000 gauss. — Dans une série de conférences auxquelles prirent part les membres de la section de physique genérale de l'Académie des Sciences, ces savants ont entendu un intéressant exposé de M. Cotton, professeur à l'École Polytechnique. On s'est arrêté en principe à l'idée de construire un électro-aimant de 75.000 gauss environ, mais dont la distance entre les pièces polaires serait assez grande pour pouvoir y placer un petit chariot contenant les substances et les appareils à expérimenter. Le prix de cet électro-aimant atteindra vraisemblablement 600.000 francs. Avant de commencer cependant la construction de cet appareil, une enquête a été décidée pour se rendre compte des avantages et des inconvénients des divers électro-aimants.

Nouvelle revue.

Il s'agit de la revue ayant pour titre « Zeitschrift für Individualpsychologie ». Dirigée par les professeurs Adler et Furtmüller et éditée par M. Reinhardt, de Munich, cette revue publiera des études et des documents concernant la psychothérapie, la psychologie et la pédagogie. La rédaction se trouve Zentagasse, 3, Wien V.

Asperges Filippo - *responsabile*.

MILANO — TIPO-LIT. REBESCHINI DI TURATI E C.

SUPPLÉMENT

TRADUCTIONS FRANÇAISES DES ARTICLES ALLEMANDS, ANGLAIS ET ITALIENS

(Chaque traduction a été revisée par l'Auteur).

LA PÉRIODICITÉ DES TÂCHES SOLAIRES

(Réponse à Monsieur E. W. Maunder)

Dans un numéro récent de « Scientia » M. E. W. Maunder a explicitement declaré qu'à son avis, « la période des tâches solaires est essentiellement une; il n'y a pas de sous-périodes, il n'y a pas de périodes multiples.... On a affirmé récemment reconnaître la preuve de l'existence de deux sous-périodes subsidiaires, l'une de 4,79 l'autre de 8,36 ans, avec une période multiple de 33.375 ans. Ces chiffres sont irréels. Ils peuvent sans doute être déduits correctement des nombres soumis à l'analyse, mais ils ne définissent en aucune façon des périodes réelles de l'activité solaire ».

Je tenterai, si possible, d'éclaircir la question car il est très important d'écarter, si faire se peut, toute erreur sur la nature de la périodicité, ou sur ce qu'entendent par périodicité certains de ceux qui emploient ce terme. Il se peut que M. Maunder et moi, nous appliquions le même terme à des choses dissemblables, et si nous continuons à le faire, il sera évidemment inutile de prolonger la discussion. Mais il ne me paraît pas évident, jusqu'ici du moins, que nous soyons aussi séparés l'un de l'autre, et je préfère croire qu'il n'y a pas entre nous de barrières. Si je considère ceci comme une possibilité, c'est probablement parce que je ne saisis pas certaines des inférences de l'auteur, très brièvement relatées dans l'article dont j'ai parlé, et que quelques développements pourraient éclaircir. Je serai moins concis dans mon commentaire à ce sujet, et j'espère en être pardonné.

Dans ces questions de signification des termes, le plus court chemin est parfois de faire un long détour, pour examiner un certain nombre de cas.

Pour commencer je continuerai à citer M. Maunder:

« Il serait absurde, dit-il, de considérer les périodes de 4,79 ou de 8,36 ans comme se présentant dans les zones dans lesquelles se manifeste d'abord la nouvelle activité, dans les zones où l'on ne voit absolument aucune tâche pendant six ans sur onze; *des périodes qui ont si souvent zéro pour maximum sont évidemment irréelles* ».

Les italiques sont de moi; elles ont pour but d'attirer l'attention sur un critérium que M. Maunder semble employer sans hésitation à « la réalité » des périodes. Peut-être aurons-nous quelque peine à nous entendre de façon satisfaisante sur la « réalité », mais je crois que M. Maunder va un peu trop loin dans cette déclaration catégorique, au sujet de l'« évidente irréalité ».

Examinons l'exemple suivant. Les dates des passages de Vénus sont: 1761, 1769, 1874, 1882, 2004, 2112.

Nous pourrions étendre cette liste à l'infini, dans les deux sens, mais ces nombres suffiront. Ils prouvent une périodicité de huit ans, dans le sens où je comprends ce terme, périodicité de l'espèce la plus réelle que je connaisse parce qu'elle a sa racine dans les mouvements planétaires, dans le fait que 13 révolutions de Vénus correspondent de très près à huit de celles de la Terre. Mais la manifestation particulière de cette périodicité se trouve intermittente dans la série précédente et elle a « zero comme maximum » dans bien des cas. Faut-il la rejeter comme évidemment irréelle? Il est vrai que cette périodicité est d'une forme un peu différente de celle des tâches solaires; au lieu d'être une variation d'un minimum à un maximum, elle consiste en un événement isolé. Mais cette modification n'est pas vitale, et il serait facile de présenter l'exemple d'une autre façon, réduisant au minimum la différence. Mais au lieu de cela, prenons plutôt un autre exemple.

A l'observatoire de Greenwich, on a coutume d'observer régulièrement l'Étoile Polaire au méridien, pour l'erreur d'azimuth.

Un des observateurs réguliers peut ainsi se trouver regarder vers le plein Nord, à une altitude très spécifique, à certains moments, par exemple au moment où la Polaire est

sur le méridien. Nous savons que les moments d'observation sont séparés par l'intervalle d'un jour sidéral, et grâce à ce roulement dans les observations, si nous faisions le diagramme par exemple de la déclinaison vers laquelle l'observateur tournait son visage à un moment donné (en prenant la déclinaison au sens astronomique) la quantité enregistrée serait régulièremnt près du zéro de déclinaison, si l'on observait des étoiles horaires; elle varierait irrégulièrement si l'observateur jouait au tennis, et conserverait régulièrement une valeur arbitraire s'il restait à table ou allait à la pèche, mais on constaterait un maximum brusque de 90° environ chaque fois qu'il observerait la Polaire, et ces maxima se produiraient de manière intermittente, cela va de soi, à des points séparés par des multiples du jour sidéral. Il n'y en aurait pas si le temps était voilé ou si l'observateur n'était pas de service, ou bien était en vacances, mais toutefois leur nombre serait assez grand, et leur apparition, quoique intermittente, produirait une bosse dans le périodogramme de Schuster du diagramme supposé, au point mesurant un jour sidéral. Or, le jour sidéral est le type même de la périodicité « réelle ». Nous ne connaissons rien de plus positivement « réel ». Nous ne pouvons laisser M. Maunder l'écarter comme « évidemment irréel » parce que sous l'influence de certaines circonstances, cette périodicité a si souvent zéro comme maximum. Il y aurait certainement très souvent zéro comme maximum, puisque les observateurs à Greenwich ne sont de service qu'un jour sur quatre environ, et que le temps est souvent voilé, et certains jours il peut leur arriver de dormir. Mais ceci a rapport à la nature de la manifestation de la période, et non à la période elle-même, qui est certainement très régulière.

Je dois expliquer la phrase où je fais allusion à un sommeil possible des observateurs de Greenwich, phrase qui ne comporte aucun blâme, mais met en lumière un fait nouveau. Il y a très longtemps, tant que la Polaire était sur le méridien, il était interdit aux observateurs de Greenwich de céder au sommeil. Du moment où elle passait au méridien au cours du jour civil, il fallait l'observer. Mais peu à peu s'est établie une règle moins sévère. Ce qu'elle est exactement à présent, je l'ignore, mais lorsque j'étais à Greenwich il était entendu qu'on pouvait, sans le moindre remords, dormir entre 1 heure et 8 heures du matin, sans s'occuper des passages de la Po-

laire. Par conséquent, il pouvait y avoir de longs et paisibles intervalles, où la face de l'observateur se trouvait tournée vers le zénith — s'il dormait sur le dos — ou vers quelque autre déclinaison préférée, après quoi se présenteraient de légers indices d'autres « déclinaisons » tandis qu'il se rasait ou prenait son déjeuner. Remarquons que ces traits particuliers du diagramme supposé se produisent tous à des intervalles d'un même jour solaire et non sidéral, et cela nous permet de parodier un des arguments de M. Maunder sous la forme suivante:

« La plus importante déduction de la Loi du Sommeil (ou de la barbe) est que la période diurne est essentiellement une; il n'y a pas de sous-périodes multiples. Une fois seulement par jour, l'observateur s'éveille pour se raser, et cette opération est suivie par le déjeuner et les autres repas ».

A ceci, je réplique: malgré la clarté non douteuse des manifestations du jour solaire, malgré le fait que celles du jour sidéral s'y trouvent subordonnées, à ce point que les observations de la Polaire (maxima de contemplation de la déclinaison) « ont zéro comme maximum » lorsque arrive la saison où les passages ont lieu entre 1^h et 8^h du matin, bien qu'en beaucoup d'autres occasions aussi il y ait encore zéro comme maximum; néanmoins, le jour sidéral se trouve clairement inscrit sur le diagramme, et l'on peut en déduire qu'il y a une sous-période, le jour sidéral, et qu'il y a des périodes multiples, le mois et l'année, toutes deux bien visibles sur le périodogramme. L'argument qui précède est tout aussi convaincant dans le sens contraire que celui de M. Maunder, ainsi formulé.

« La plus importante déduction de la loi des zônes est que la période des tâches solaires est essentiellement une. Il n'y a ni sous-périodes, ni périodes multiples. Une fois seulement dans chaque période de 11 ans, le mouvement descendant de latitude recommence sa course, et ce mouvement suit, dans chaque hémisphère, une seule et unique courbe ».

Je puis maintenant indiquer ce que je crois être la cause réelle de désaccord entre M. Maunder et moi. Je crois qu'il se refuse à admettre comme « réelle » une périodicité qui se trouve en quelque sorte brisée, ou bien celle à laquelle il ne découvre pas de cause visible. Considérons le premier cas. Je suis tout prêt à accorder qu'une périodicité brisée semble

un terme plutôt contradictoire, de même qu'un animal en débris n'est plus un animal. Mais il me semble que nous pouvons établir une distinction utile, entre les manifestations et leur origine. Un os isolé n'est point un animal, mais c'est une indéniable manifestation d'un animal qui a existé, et l'étude que nous en faisons nous renseigne sur cet animal. Si l'os appartient à un cheval, nous en déduisons qu'un certain cheval a existé. Ici, nous utilisons évidemment des connaissances qui ne nous sont pas fournies uniquement par l'os en question, mais sans celles-ci nous ne pourrions absolument rien déduire, même pas que l'os a appartenu à un animal, puisque nous ne saurions rien de l'existence des animaux. De même une périodicité brisée ne nous suggérerait rien si nous n'avions pas connaissance de périodicités complètes, et de la manière dont elles peuvent être brisées. M. Maunder peut avoir quelque obiection à la manière dont j'ai brisé les manifestations du jour sidéral comme étant artificielles, mais il ne peut en dire autant des passages de Vénus. Nous savons que là, les causes de l'interruption sont dues aux mouvements du nœud de l'orbite de Vénus, mouvement régulier, naturel, et périodique. Ce mouvement éloigne la ligne des nœuds de l'une des directions où peut se produire la conjonction, de sorte que les passages ne se produisent pas du tout tant que la prochaine direction n'est pas atteinte, à 36° près environ.

Ainsi, quoique la rotation synodique de Vénus en huit ans soit assez régulière, ses *manifestations* sont intermittentes. Ne pas tenir compte de cette manifestation à cause de son imperfection, serait aussi fou que de négliger tous les fossiles de la géologie. Il est bien plus difficile d'étudier le témoignage géologique imparfait que d'étudier tous les animaux vivants; mais comme c'est le seul moyen à notre disposition, il nous faut bien l'employer. De même les manifestations même brisées d'une périodicité sont un fait utilisable, même si nous ignorons leurs origines complètes. Il est même possible qu'une longue notation des passage des Vénus nous amène à y découvrir non seulement une périodicité de huit ans, mais d'autres sous-périodicités, dues à l'excentricité de l'orbite et à son inclinaison, même le mouvement du nœud et de l'apside, et à faire découvrir une idée du mouvement total d'une planète qui n'aurait jamais été vue en dehors du passage. Ce serait évidemment un gros travail qui demanderait une longue

période d'observations, mais il n'y a là rien d'impossible *a priori.* Et pourtant, toutes les manifestations de périodicité aidant à la solution du problème, seraient complètement brisées. Ce serait comme si l'on reconstituait tout un squelette non avec des os, mais avec des fragments d'os.

Il m'est moins facile de critiquer l'autre tendance que je reprocherais à M. Maunder. Accepter une périodicité, soit brisée, soit entière, dont on ne voit pas l'origine, est un acte considérable de foi, et il se peut que l'accord sur ce point là ne se fasse que dans longtemps. Il est certain que tous, nous préférons nous représenter la cause si vaguement que cela soit. Mais l'étude scientifique comporte beaucoup de tatonnements dans l'obscurité. Le but de la méthode du periodogramme est de suggérer la recherche de phénomènes, non d'établir leur existence. *Elle ne le peut pas.* Par exemple, il peut y avoir une cause très réelle qui ne donne que de très faibles manifestations dans la série d'observations que nous étudions, alors qu'une cause accidentelle peut au contraire en donner de très accentuées, et ces termes de « réel » et « accidentel » peuvent être ici employés dans tout sens qui nous plaira. Le périodogramme ne donnera comme comparaison, entre les deux, que les dimensions de la manifestation. Il n'indique pas quelles sont les meilleures pistes à suivre, quoique l'on se sente porté naturellement à examiner d'abord ce qui frappe le plus. Supposons que nous ignorions par ailleurs l'existence d'un jour sidéral. Dans l'exemple, hypothétique, choisi, où nous faisons le tableau des observations de déclinaison d'un observateur donné, le jour sidéral est indiqué par les passages de la Polaire. Mais ceux-ci ne sont guère nombreux, et les indications du jour sidéral seraient peut-être faibles, et si nous les négligions, en partie parce que la raison de celle-ci ne nous apparaît pas, il se pourrait que nous en fussions encore à découvrir le jour sidéral. D'autre part, un observateur diligent, qui se demanderait ce que peut bien signifier cette très petite indication, aurait la joie de faire la grande découverte de celui-ci. On ne peut établir de règle en matière de découverte, et si on en établit, il faut s'attendre à les voir toutes en pièces.

Je le répète avec insistance, l'utilité du périodogramme consiste à susciter ou à stimuler les recherches, non à les compléter, et ces recherches sont ensuite, comme toutes autres,

ouvertes à la critique. Si le Professeur Schuster estime que son périodogramme des tâches solaires est dû à la visite d'un tourbillon de météores, il est également permis à M. Maunder ou à tout autre, de ne pas admettre cette hypothèse, ainsi que le fait cet auteur à la fin de son article, de même que d'autres peuvent répondre à sa critique. La discussion prend alors une forme plus familière. Je n'y entrerai point maintenant, pour ne point m'écarter de mon sujet principal, la notion de périodicité en général, et me contenterai d'indiquer en passant que le Professeur Schuster n'a pas, en fait, mis en avant l'idée de la période maitresse de 33.375 ans, comme manifestée par les tâches solaires. Je le répète ainsi que je l'ai dit au début du présent article, il est d'importance capitale que sur ce sujet il y ait le moins de malentendus possible. A mon humble avis, la périodicité est destinée à jouer un rôle important dans l'étude des phénomènes plus complexes avec lesquels notre étude nous met chaque jour plus étroitement en contact.

University Observatory, Oxford.

H. H. Turner

(Traduit de l'anglais par M. Henry de Varigny - Paris).

LA NOUVELLE MÉCANIQUE

Qu'est-ce que la « nouvelle mécanique » et pourquoi la cultivons-nous? L'ancienne mécanique de Galilée et de Newton ne représente-t-elle donc pas exactement les mouvements des corps, tant terrestres que célestes? Certainement les principes de l'ancienne mécanique permettent de décrire les mouvements des masses sous l'influence de leur gravitation réciproque. Mais suffisent-ils encore lorsque les forces de l'électricité et du magnétisme, de la lumière et de la chaleur entrent en jeu?

La mécanique a toujours prétendu embrasser toutes ces forces. D'après elle, non seulement les notions de sa cinématique et de sa géométrie étaient fondamentales pour toute la physique, mais encore tous les phénomènes naturels se ramenaient, en dernière analyse, à des phénomènes de mouvement. Cette tendance est à la base de la théorie cinétique des gaz; Maxwell y céda aussi lorsqu'il esquissa sa théorie dynamique du champ électromagnétique. Maxwell put montrer que les forces électromotrices et pondéromotrices agissant entre deux circuits parcourus par un courant obéissent aux équations de Lagrange qui figurent dans la mécanique. Suivant la voie tracée par Maxwell, J. J. Thomson éleva les équations de Lagrange, et H. Helmholtz le principe de la moindre action, au rang de principes fondamentaux de toute la physique. Enfin H. Hertz, dans ses *Principes de mécanique,* essaya de ramener toutes les forces matérielles à l'inertie de masses en mouvement. Selon lui, même là où l'on ne perçoit pas de matière, l'espace est rempli de masses cachées qui, accouplées ensemble, trans-

mettent les forces d'un corps à l'autre; d'après cela, là où des forces semblent agir à distance, il faut toujours supposer des actions immédiates exercées par des masses cachées.

Avec l'ouvrage posthume de H. Hertz se termine la phase d'évolution qui veut subordonner toute la physique théorique aux principes de la mécanique, sans apporter à leur contenu des changements essentiels. La mécanique de Hertz est restée un simple programme. Le chemin qu'elle a indiqué n'a pas été suivi.

Dans la prétention de bannir de la mécanique les actions à distance se montre l'influence des idées de Faraday et de Maxwell sur le champ électromagnétique, idées qu'a fait triompher Hertz lui-même, et qui devaient dominer la phase suivante de l'évolution. D'après la théorie de Maxwell, les forces électriques et les forces magnétiques se propagent d'un point à un autre avec une vitesse finie qui, dans le vide, a la valeur $c = 3.10^{10} \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}$. Les rayons lumineux et les rayons calorifiques ne sont que des ondes électromagnétiques. Peu importe que l'on se représente un milieu, l'éther, comme support du champ électromagnétique, ou que l'on se figure seulement l'espace comme doué de propriétés physiques, même là où il ne contient pas de matière pondérable; il suffit de connaître les équations du champ qui expriment la propagation des forces électromagnétiques dans l'espace ou dans l'éther. Mais c'est un fait essentiel qu'une certaine quantité positive d'« énergie » revient à chaque champ électrique et magnétique; les changements du champ s'accompagnent d'un « flux d'énergie » qui, d'après un théorème de Poynting, a lieu perpendiculairement à la force électrique et à la force magnétique. Pour les ondes planes, le vecteur de Poynting devient identique au vecteur radiant de l'optique. La transmission des forces d'un corps à l'autre est effectuée, d'après Faraday et Maxwell, au moyen de certaines tensions fictives, à savoir une traction le long des lignes de force électriques et magnétiques, une pression perpendiculaire à ces lignes.

Maintenant quelles sont les actions qui se produisent quand de la lumière est émise par un corps *A* et absorbée ensuite par un autre corps *B*? L'énergie émise par *A* se meut le long du rayon lumineux avec la vitesse *c* jusqu'à ce qu'elle atteigne *B*. Au moment de l'émission, *A* éprouve un choc

qui le fait reculer; au moment de l'absorption, B éprouve un choc de la même grandeur mais de sens contraire. L'existence de la pression de la lumière est prouvée aussi bien expérimentalement que théoriquement. Or les forces de pression de la lumière s'accordent-elles avec l'ancienne mécanique?

Le troisième axiome de Newton exige l'égalité de l'action et de la réaction simultanée. Toutefois, quand il s'agit de corps séparés dans l'espace, à une force ne peut correspondre une force contraire simultanée que si la propagation des forces est instantanée. Le principe de réaction, sous sa forme classique, est incompatible avec une vitesse de propagation finie des forces, attendu qu'il n'exige pas seulement l'égalité de l'action et de la réaction, mais encore leur simultanéité. Il faut prendre en considération que la force, de même que l'énergie, reste latente pendant un certain temps.

La manière la plus intuitive de se représenter le processus consiste à attribuer une « quantité de mouvement électromagnétique » à la lumière, comme d'ailleurs à tout champ électromagnétique. Dans l'émission de la lumière, cette quantité de mouvement est enlevée au corps A et envoyée dans l'espace; dans l'absorption, elle est récupérée par le corps B. On peut alors maintenir le principe de la conservation de la quantité de mouvement dans ce sens que la somme des quantités de mouvement de la matière et du champ reste constante. Pendant l'émission de la lumière, la quantité de mouvement du corps est transformée en quantité de mouvement électromagnétique; à cela correspond la force que la lumière exerce sur A dans l'émission. Pendant l'absorption, la quantité de mouvement électromagnétique de la lumière est transformée en quantité de mouvement du corps B; à cela correspond la force contraire de la lumière sur le corps absorbant B. On a aussi trouvé une expression générale pour la quantité de mouvement électromagnétique contenue dans l'unité d'espace; elle est égale au flux d'énergie de Poynting, divisé par le carré de la vitesse de la lumière; d'après cela, chaque flux d'énergie se produisant dans le champ crée une impulsion électromagnétique. Cette interprétation correspond en particulier à l'exposé de la théorie de Maxwell dû à H. A. Lorentz.

Cette généralisation du principe de l'impulsion devait devenir essentielle pour un problème important de la nouvelle mécanique, pour la dynamique des « électrons ». Les électrons

sont des particules chargées d'électricité négative, qui, jaillissant de la cathode d'un tube de décharge, forment ce qu'on appelle les rayons cathodiques. Comme A. Schuster le supposait et comme W. Kaufmann le prouva, on peut expliquer la déviation de ces rayons par un champ magnétique ou électrique en leur attribuant, outre leur charge négative, une masse inerte. Toutefois on constata que la masse des électrons est beaucoup plus petite que celle de l'atome d'hydrogène; le rapport de ces masses est d'environ 1:2000; la vitesse des électrons dans les rayons cathodiques èst de l'ordre $c/10$. On reconnut, dans ce qu'on appelle les rayons β des corps radioactifs, des électrons qui se meuvent encore plus vite, presque avec la vitesse de la lumière. Alors se posa la question suivante: Le second axiome de la mécanique de Newton vaut-il encore pour ces vitesses? L'accélération de la particule est-elle encore ici égale à la force agissante, divisée par une masse propre à la particule, indépendante de sa vitesse? L'expérience (Kaufmann, 1901) démontra qu'il n'en est pas ainsi; la masse inerte qui entre en considération dans ces expériences, c'est-à-dire le rapport de la force déviante du champ électromagnétique à l'accélération centripète de la déviation, augmente avec la vitesse. Par conséquent, le second axiome de Newton n'a plus de valeur dans la dynamique des électrons.

La tâche s'imposa à la nouvelle mécanique d'élargir d'une façon convenable la notion de l'inertie de la masse. La solution donnée se fonde précisément sur le principe de l'impulsion généralisé qui a été formulé ci-dessus. L'électron engendre par sa charge un champ électrique, par le mouvement de sa charge un champ magnétique. Dans son voisinage circule donc un courant d'énergie électromagnétique qui possède une quantité de mouvement électromagnétique. L'impulsion électromagnétique totale de l'électron (G) est une fonction de la vitesse (q). Maintenant il faut distinguer deux cas, à savoir l'accélération dans la direction du mouvement et l'accélération perpendiculaire à cette direction. Dans le premier cas, la dérivée de l'impulsion par rapport à la vitesse $\left(\frac{dG}{dq}\right)$ fait connaître la variation de l'impulsion, c'est-à-dire la force, par la variation de la vitesse, c'est-à-dire l'accélération; c'est ce qu'on appelle la « masse longitudinale ». Au contraire, dans une accélération perpendiculaire à la direction de la trajectoire, l'impulsion et la vitesse

ne changent pas de valeur; seule leur direction change; ici on arrive à l'expression $\frac{G}{q}$ pour le quotient de l'accroissement du vecteur de l'impulsion par celui du vecteur de la vitesse. Cette « masse transversale » n'est égale à la masse longitudinale que pour les petites vitesses, où G est proportionnel à q. Pour des vitesses de l'ordre de la vitesse de la lumière, G n'est plus proportionnel à q, ainsi qu'il résulte des expériences de déviation de Kaufmann; ici, par conséquent, la masse longitudinale est différente de la masse transversale. Si maintenant la force a une direction oblique à la vitesse, l'accélération produite n'est pas parallèle à la force; car, par suite de la différence entre la masse longitudinale et la masse transversale, les deux composantes de l'accélération, la composante longitudinale et la composante transversale, sont dans un autre rapport que les composantes correspondantes de la force.

Les physiciens de l'ancienne école eurent beau hocher la tête d'un air pensif en voyant ce bouleversement de la notion de masse, ils durent avouer que la mécanique classique n'a de valeur que pour les vitesses qui sont petites par rapport à la vitesse de la lumière. On songea bien à distinguer la masse électromagnétique des électrons de la masse des atomes matériels, et à admettre, suivant l'ancienne mécanique, que cette dernière est constante: l'évolution de la physique poussait dans la direction opposée. On chercha à concevoir l'atome comme un agglomérat d'électrons; alors les électrons contenus dans l'atome fournissent un contingent aux masses des atomes et les font dépendre de la vitesse. Ainsi la nouvelle mécanique fait entrer la matière dans son domaine.

Il est d'ailleurs remarquable que certains principes de la mécanique analytique — les équations de Lagrange et le principe de la moindre action — conservent leur valeur dans la nouvelle mécanique lorsqu'on généralise convenablement l'expression de la fonction de Lagrange et celle de l'action. Toutefois ce n'est pas le lieu d'approfondir ce point.

Les problèmes étudiés jusqu'à présent pouvaient être traités d'emblée sur la base de la théorie du champ électromagnétique. De plus grandes difficultés résultèrent pour la théorie du champ des questions qui sont liées au théorème de la relativité. Ce théorème vaut dans la mécanique classique; d'après lui, dans un système matériel animé d'un mouvement de translation

uniforme, les mouvements relatifs sont exactement les mêmes que dans le même système en repos. Un observateur faisant partie du système, qui suit les processus s'effectuant à l'intérieur de ce système, ne peut donc pas établir l'existence de ce mouvement de translation. Maintenant un principe semblable s'applique-t-il à un système d'électrons? Si l'on attribue une existence réelle au champ électromagnétique dans l'espace, ou si on lui donne même un éther plus ou moins substantiel comme support, il semble que l'on devrait supposer de prime abord qu'un théorème de relativité ne peut valoir que si l'éther se meut avec les électrons. L'électrodynamique de Lorentz, sur laquelle se base la mécanique des électrons qui vient d'être esquissée, admet au contraire que l'éther ne participe pas au mouvement des électrons. Mais comment se fait-il alors qu'en réalité le mouvement d'un système reste caché aux observateurs participant à ce mouvement et qui suivent les phénomènes ayant lieu dans le système? Comment se fait il que, par exemple, des expériences d'optique sur la lumière de sources lumineuses terrestres ne fassent reconnaître aucune influence du mouvement de la Terre? Cette question a été examinée par H. A. Lorentz dans une série de travaux (1892-1904).

Dans ces recherches, la notion de « temps local » joue un rôle essentiel. Que l'on se figure un système animé d'un mouvement rectiligne uniforme dans l'éther en repos. En certains points du système se trouvent des stations qui disposent d'horloges pareilles entre elles. Ces horloges sont réglées au moyen de signaux lumineux; en faisant cela, on tient bien compte de la vitesse constante de la lumière, mais non du mouvement inconnu du système. Le temps que marque l'une des horloges ainsi placées s'appelle le « temps local » de la station en question. Or Lorentz a démontré que, rapportés au temps local, les phénomènes électromagnétiques et optiques ayant lieu dans le système en mouvement s'effectuent de la même manière que si le système était en repos. Dans cette démonstration, il ne considéra d'abord que les grandeurs de premier ordre en ce qui concerne le quotient $\beta = \frac{q}{c}$ de la vitesse du système par la vitesse de la lumière (pour la Terre, $\beta = 10^{-4}$). Plus tard, il généralisa le résultat en prenant aussi en considération les grandeurs de second ordre dans β.

Ici il s'agissait avant tout de l'interprétation de l'expé-

rience que Michelson avait effectuée pour établir l'influence du mouvement de la Terre au moyen d'observations d'interférences. Michelson fit interférer deux rayons provenant de la même source lumineuse monochromatique, dont l'un s'était propagé parallèlement au mouvement de la Terre, et l'autre perpendiculairement à ce mouvement. Il s'attendait à trouver une influence du mouvement de la Terre sur les franges d'interférence: mais le résultat fut négatif. On obtient une théorie schématique de pareilles expériences d'interférences quand on considère un rayon lumineux qui est envoyé d'un point donné O du système à un autre point P, et renvoyé en O par réflexion sur un miroir placé en P. Lorsque le système est en repos, le lieu géométrique des points P, qui correspondent à des chemins égaux $OP + PO$ parcourus par la lumière, est évidemment une sphère. Toutefois, si le système est animé d'un mouvement uniforme, il faut déterminer les chemins absolus qui se coordonnent aux chemins relatifs OP et PO parcourus dans le système en mouvement. On trouve alors, comme lieu géométrique des points P qui correspondent à des chemins absolus égaux parcourus par la lumière, un ellipsoïde de rotation où le rapport des axes est égal à $\sqrt{1-\beta^2}$, et qui est aplati dans la direction du mouvement du système, ce qu'on appelle un ellipsoïde de Heaviside. Or, comme la différence des chemins absolus parcourus par deux rayons lumineux règle leur interférence, on conclut du résultat négatif de l'expérience de Michelson que les chemins absolus, parcourus par les deux rayons dans le système en mouvement, restent les mêmes quand ils étaient égaux dans le cas de repos; c'est-à-dire que les points P, qui, dans le cas de repos, se trouvaient sur une sphère, forment, dans le système en mouvement, un ellipsoïde de Heaviside.

C'est de ces considérations que résulte « l'hypothèse de la contraction », due à Fitzgerald et à H. A. Lorentz; d'après cette hypothèse, tous les corps, mis en mouvement, se contractent parallèlement à la direction du mouvement, toutes les droites parallèles à la direction du mouvement se raccourcissant dans le rapport $\sqrt{1-\beta^2} : 1$. Cette hypothèse, qui, au premier abord, semble étrange, Lorentz chercha à la rendre plausible en admettant que les forces moléculaires qui déterminent la forme des corps sont de nature électrique. Alors, comme il le montra, le changement produit dans les forces

électriques, et, par conséquent, dans les forces moléculaires, par le mouvement du système, provoquerait précisément le changement de forme en question. Or si, dans le système ainsi contracté, la régulation du temps se fait de nouveau optiquement ou électromagnétiquement, le théorème de la relativité a aussi sa valeur à l'égard des grandeurs de second ordre, et même d'un ordre quelconque, dans β; le mouvement uniforme du système reste alors caché à l'observateur participant au mouvement, qui suit les processus s'effectuant dans le système. Lorentz réussit ainsi à accorder le résultat négatif de toutes les expériences faites jusqu'à présent sur l'influence du mouvement de la Terre avec la théorie du champ électromagnétique.

Bien que Lorentz ait encore exprimé ses résultats dans la langue de l'ancienne cinématique, il en découla qu'en appliquant le théorème de la relativité aux phénomènes électromagnétiques, on se voyait obligé de rompre avec les idées de la mécanique classique sur l'espace et le temps. Si le mouvement provoque une contraction de tous les corps, il raccourcit aussi les échelles servant à la mesure des longueurs; alors les mesures exécutées dans le système en mouvement ne peuvent pas faire connaître la forme « absolue » des corps, dont traite la géométrie classique. D'autre part, dans le système en mouvement, une horloge électromagnétique indiquera toujours — et, d'après les vues de Lorentz sur la constitution de la matière, toute horloge se comporte comme une horloge électromagnétique — indiquera toujours, disons-nous, le temps local et non le temps « absolu » de l'ancienne cinématique. On dut se demander si, cela posé, les idées traditionnelles de la géométrie et de la cinématique ont encore une signification.

A cette question Einstein répondit négativement. La théorie qu'il a établie (1905), et que souvent on appelle simplement « Théorie de la relativité », se fonde sur deux postulats: le premier demande l'équivalence de systèmes animés, les uns par rapport aux autres, d'un mouvement de translation rectiligne uniforme (*postulat de la relativité*); d'après le second, dans chacun de ces systèmes la propagation de la lumière dans l'espace s'effectue dans toutes les directions avec la même vitesse (*postulat de la constance de la vitesse de la lumière*). S'appuyant sur ces postulats, Einstein donne des définitions relatives de la longueur et du temps; d'après la théorie de la relativité, il n'est pas possible de donner des définitions absolues de ces

grandeurs, attendu que, suivant le premier postulat, on n'a pas le moyen de déterminer si le système dans lequel on effectue les mesures se trouve en repos ou est animé d'un mouvement uniforme.

La théorie de la relativité, à laquelle H. Minkowski donna plus tard (1908) une forme mathématique appropriée, attira sur la nouvelle mécanique l'attention de beaucoup de personnes. Le bouleversement des conceptions fondamentales de la cinématique et de la dynamique surprit ceux qui n'avaient pas suivi l'évolution historique de ces problèmes qui vient d'être esquissée; la généralité apparente de la solution du problème de l'espace et du temps allait au-devant du désir de l'époque d'unifier et de synthétiser la science. C'est pourquoi la théorie de la relativité enthousiasma la jeunesse adonnée à l'étude de la physique mathématique, qui, à l'époque influencée par cette théorie, remplissait les salles de cours des universités. Par contre, les physiciens de la génération antérieure, dont la philosophie s'était formée sous l'influence de Mach et sous celle de Kirchhoff, regardaient pour la plupart avec scepticisme les audacieux novateurs qui se permettaient, en s'appuyant sur un petit nombre d'expériences encore discutées par les spécialistes, de renverser les fondements éprouvés de toutes les mesures physiques. Plus d'un d'entre eux aurait pu dire avec Wallenstein:

« Schnell fertig ist die Jugend mit dem Wort,
. . . .
« Aus ihrem heissen Kopfe nimmt sie keck
« Der Dinge Mass ».[1]

Quoique la théorie de la relativité ait déjà été traitée dans plusieurs études intéressantes parues dans cette Revue, une discussion de cette théorie se rattachant au présent article ne semblera peut-être pas superflue.

En quoi les conceptions de la théorie de la relativité se distinguent-elles de celles de la théorie de Lorentz? Les énoncés que contiennent ces deux théories sont identiques dans leurs grandes lignes. Considérées par un observateur qui ne prend point part au mouvement du système, les échelles d'Einstein montrent la contraction de Lorentz, et les horloges d'Einstein in-

[1] La jeunesse a la parole très prompte... et de sa tête chaude elle tire hardiment la mesure des choses.

diquent le temps local de Lorentz. La dynamique relativiste concorde entièrement aussi avec celle de Lorentz. Il n'y a que les points de départ des considérations qui diffèrent. Lorentz prend pour base la théorie du champ électromagnétique, associée à l'hypothèse de la constitution électrique de la matière; chez lui, le théorème de la relativité est une conséquence de ces prémisses. Chez Einstein, au contraire, la propriété de relativité est mise en tête comme premier postulat fondamental; l'hypothèse d'un électromagnétisme universel devient superflue. Sans doute, le second postulat exige que la vitesse de la lumière cadre avec les lois de la dynamique, comme d'ailleurs avec toutes les lois physiques. Mais on peut se figurer qu'il existe une pareille relation sans que tous les processus soient nécessairement de nature électromagnétique. Par là, la conception de la théorie de la relativité est la plus générale des deux.

Bien entendu, d'après cette théorie, aucun changement d'état ne peut se propager dans l'espace vide avec une vitesse autre que celle de la lumière. Sans quoi, en effet, on pourrait l'employer à la transmission de signaux dans le système en mouvement, et l'on arriverait ainsi à une nouvelle détermination du temps et de l'espace, différente de celle d'Einstein. Au moyen de la différence de marche de deux horloges, dont l'une serait réglée optiquement, et l'autre à l'aide du nouveau changement d'état, on pourrait calculer le mouvement du système. Comme le premier postulat ne le permet pas, toutes les forces, d'après la théorie de la relativité, se propagent dans l'espace avec la vitesse de la lumière, même la pesanteur. Il n'y a pas de propagation ni de mouvement s'effectuant avec une vitesse supérieure à celle de la lumière.

Du fait que la transmission des états physiques est considérée comme ne pouvant s'effectuer instantanément résulte l'impossibilité de faire passer de la mécanique classique dans la théorie de la relativité la notion de « corps rigide ». Le corps rigide de l'ancienne mécanique a six degrés de liberté. Lorsqu'on impose un mouvement déterminé à trois de ses points (dont, bien entendu, les distances entre eux soient constantes), le mouvement de tous les autres points du corps est déterminé. Il ne peut pas y avoir de pareille relation dans la mécanique relativiste. Car, ainsi que M. Laue l'a fait observer, cela signifierait que l'état de mouvement se propage instantanément dans le corps. Comme, au contraire, il faut du

temps au phénomène de mouvement pour passer d'un point à un autre, il doit être possible d'imposer un mouvement déterminé à un nombre de points aussi grand que l'on voudra, c'est-à-dire que le nombre des degrés de liberté est infini. L'idéalisation, souvent si commode, de l'ancienne mécanique, qui remplace les corps solides par des corps rigides, n'est donc pas permise dans la théorie de la relativité. On doit fonder la mécanique des corps étendus sur la théorie relativiste de l'élasticité, qui a été développée par G. Herglotz.

Bien des partisans de la théorie de la relativité déduisent du premier postulat de cette théorie qu'on peut se passer d'un milieu remplissant l'espace, d'un « éther ». Et, en effet, par suite de ce postulat, l'« éther » n'apparaît pas dans le mouvement rectiligne uniforme. D'autre part, comme l'a fait observer P. Ehrenfest, le second postulat, celui de la constance de la vitesse de la lumière, n'est pas bien compréhensible sans l'aide de la théorie des ondulations. (Dans la théorie de l'émission, la vitesse de la lumière dépend de celle de la source lumineuse; cette théorie ne satisfait pas au second postulat). Le second postulat témoigne que la théorie de la relativité tire son origine de la théorie du champ électromagnétique. Les relativistes radicaux, ennemis de l'« éther », renieraient volontiers cette origine.

Par contre, E. Wiechert fait la remarque suivante. Si l'exactitude de tous les faits énoncés par la théorie de la relativité, et, en particulier, l'existence d'une limite supérieure pour toutes les vitesses, était établie expérimentalement, les physiciens se verraient certainement obligés d'édifier une théorie où cette vitesse limite s'interpréterait comme étant la vitesse de propagation des forces dans le milieu remplissant l'espace. Wiechert cherche ainsi à reconstruire l'éther en partant d'idées relativistes.

D'ailleurs, en vertu de l'origine historique de la théorie de la relativité, on y retrouve beaucoup de traits de la théorie de Maxwell et de Lorentz. Ainsi elle a adopté les notions ci-dessus mentionnées d'énergie du champ, de tensions, de flux d'énergie et d'impulsion du champ. On y trouve également la relation entre les deux vecteurs nommés en dernier lieu; cette relation y est formulée par le principe suivant: La quantité de mouvement contenue dans l'unité de volume est égale au flux d'énergie, divisé par le carré de la vitesse de la lu-

mière. Ce principe, que M. Laue appelle le « principe de l'inertie de l'énergie », est même considéré par M. Planck comme valable pour des flux d'énergie d'une espèce quelconque. De là résulte une généralisation remarquable d'une relation qui figure déjà dans la théorie du champ électromagnétique, entre la masse inerte d'un corps et son énergie. La masse électromagnétique d'un électron animé d'un mouvement lent, par exemple, est, dans la dynamique ci-dessus esquissée, proportionnelle à l'énergie électrostatique de cet électron. De même, une cavité remplie d'une radiation calorifique possède, d'après F. Hasenöhrl et K. Mosengeil, une masse inerte qui est proportionnelle à l'énergie totale de la radiation. Si, conformément au principe de l'inertie de l'énergie, on attribue aussi une quantité de mouvement aux flux d'énergie qui sont provoqués par les tensions existant dans l'intérieur de l'électron ou dans la paroi de la cavité, la relation se simplifie et prend la forme:

$$m = \frac{E}{c^2}.$$

Elle vaut alors pour toutes les formes d'énergie.

D'après cela, l'inertie de la matière résulte de son énergie. A chaque perte d'énergie, par dégagement de chaleur, par exemple, correspond une diminution de la masse inerte. Sans doute, vu la petitesse du facteur c^{-2}, la diminution de la masse qui correspond à la chaleur dégagée dans les réactions chimiques ordinaires est infiniment petite. D'autre part, l'énergie totale de la molécule, que l'on peut calculer au moyen de cette formule en y introduisant la valeur de sa masse, est beaucoup plus grande que celle dont il s'agit dans le cas de pareilles réactions chimiques. On présume que cette énergie a son siège dans l'intérieur des atomes. On sait, en effet, que dans les transformations radioactives des éléments, les quantités d'énergie dégagées sont d'un ordre de grandeur beaucoup plus élevé que dans les autres réactions chimiques. Dans ces transformations, il se produit aussi une diminution de la masse; mais la masse presque entière de l'atome transformé se retrouve dans les produits de la transformation, auxquels appartiennent aussi les atomes d'hélium émis sous la forme de rayons α; la fraction de la masse qui se perd avec l'énergie cinétique des radiations émises et de la chaleur dégagée est

petite (environ 10^{-4}). Cependant elle n'est pas complètement négligeable. Si l'on pouvait établir exactement, jusqu'à des grandeurs de l'ordre 10^{-4}, le bilan des masses dans le cas des transformations radioactives, il serait possible de vérifier cette relation théorique entre la masse et l'énergie.

Comme nous l'avons vu, le principe de l'inertie de l'énergie n'est pas particulier à la théorie de la relativité. Il dérive des conceptions de la théorie du champ électromagnétique au sujet de la transmission de l'énergie et des forces, conceptions qui, il est vrai, n'ont atteint leur plein développement que dans la phase influencée par les idées relativistes.

Revenons maintenant à la comparaison entre la théorie du champ et la théorie de la relativité. La théorie du champ nous donne une image logique du monde et embrasse un ensemble de faits extrêmement vaste. Au contraire, la théorie de la relativité est une théorie incomplète. Elle se borne au cas du mouvement rectiligne uniforme, tandis que la théorie du champ électromagnétique vise également le mouvement accéléré et le mouvement curviligne. De pareils mouvements des électrons font naître des ondes électromagnétiques, qui entraînent de l'énergie; ainsi s'explique l'émission de la lumière. Par conséquent, il n'y a pas équivalence entre le mouvement rectiligne uniforme de l'électron, d'une part, et son mouvement accéléré ou curviligne, d'autre part, puisque ce dernier n'a pas pour conséquence une perte d'énergie.

D'après cela, sur tout mouvement d'un électron qui diffère du mouvement rectiligne uniforme (abstraction faite de cas tout à fait singuliers), le champ agit néanmoins en enlevant de l'énergie à l'électron. Les relativistes radicaux ont donc tort quand ils prétendent qu'on peut se passer de l'idée du champ et de son support. Pour le moment, il n'est pas possible à la théorie de la relativité de s'émanciper de la théorie du champ, à laquelle elle est liée par le second postulat.

La source de cette tendance relativiste radicale est évidemment le premier postulat, qui invite à étendre l'équivalence à des mouvements quelconques. Si l'on réussissait à étendre ce postulat à des mouvements variés et à des mouvements de rotation d'un système, c'est-à-dire à démontrer l'équivalence d'un système animé de pareils mouvements avec un système en repos, l'éther serait, de fait, rendu superflu. Mais de ce que la rotation d'un système mécanique se fait

remarquer par les forces centrifuges, il résulte que deux systèmes effectuant des mouvements de rotation l'un relativement à l'autre ne sont pas équivalents.

On reconnaît dans la théorie de la relativité établie par Einstein en 1905 un compromis entre deux ensembles hétérogènes de conceptions. La pensée strictement relativiste s'efforce de montrer que le mouvement relatif de la matière est seul essentiel, et qu'au contraire on peut se passer du champ ainsi que de son support. C'est dans cette pensée que prend sa source le premier postulat, tandis que le second est emprunté à la théorie du champ. Ce désaccord intérieur porte en lui un germe de dissolution. Ce compromis ne pouvait durer que tant qu'on envisagerait uniquement des mouvements rectilignes uniformes, et qu'on choisirait avec circonspection le champ de phénomènes à traiter. Toute tentative d'élargir la théorie devait nécessairement rompre cette union contre nature.

La crise de la théorie de la relativité commença quand cette théorie entreprit de faire entrer la pesanteur dans le domaine de ses considérations. Nous avons parlé plus haut de l'inertie de l'énergie et de la possibilité de la vérifier en établissant un bilan exact de l'énergie et des masses dans le cas des transformations radioactives. Mais, pour ce faire, on recourt à la détermination chimique des masses au moyen de la balance; cette détermination n'a pas rapport à la masse inerte mais au poids. Toutefois, depuis que Galilée a montré que la pesanteur donne à tous les corps la même accélération, la proportionnalité du poids et de l'inertie est une loi reconnue. Si la masse inerte n'était pas toujours égale à la masse pesante, la force qui agit sur les masses à la surface de la Terre aurait des directions différentes pour les corps de constitutions chimiques différentes; car elle est la résultante de l'attraction de la Terre, qui est proportionnelle à la masse pesante, et de la force centrifuge, qui est proportionnelle à la masse inerte. B. Eötvös a prouvé par des recherches extrêmement précises qu'il n'en est pas ainsi, qu'au contraire la direction de la force résultante qui agit sur les masses, c'est-à-dire la direction du fil à plomb, est la même pour tous les corps. D'après cela, si l'on attribue de l'inertie à l'énergie, il faut aussi lui attribuer de la pesanteur, conformément à la relation :

$$m\,c^2 = E.$$

Si l'on admet cette *relation entre la masse pesante et l'énergie*, les lois de la conservation de l'énergie et de la *conservation du poids* se confondent en une seule.

Mais l'énergie d'un corps change quand il se déplace dans le champ de la pesanteur: elle croît, par exemple, quand on élève le corps, parce qu'alors du travail est effectué contre la pesanteur. A ce changement de l'énergie E correspond nécessairement, en vertu de l'équation ci-dessus, un changement soit de la masse m, soit de la vitesse de la lumière c dans le champ de la pesanteur.

L'hypothèse indiquée en dernier lieu — *dépendance de la vitesse de la lumière à l'égard du potentiel de gravitation* — a été posée (1911) par A. Einstein, qui a ainsi mis la hache à l'une des racines de la théorie de la relativité qu'il avait établie précédemment.

Plus tard (1912), j'ai esquissé une théorie du champ de la pesanteur qui repose sur les considérations suivantes. Comme il a été dit plus haut, on est fondé à admettre que la gravitation se propage avec la vitesse de la lumière; les faits astronomiques ne sont pas en contradiction avec cette supposition, comme le montre, par exemple, W. Ritz (« Scientia », vol. V, 1909, N. X-2). Mais, d'après un principe général de la théorie des ondes, dans un milieu qui propage des ondes avec une vitesse déterminée, il n'y a que deux espèces d'ondes qui soient possibles, à savoir des ondes transversales et des ondes longitudinales. Aux premières s'appliquent des équations de champ du type de celles de Maxwell: en admettant des ondes transversales, on serait donc conduit à une théorie électromagnétique de la gravitation. Toutefois, en ce qui concerne la différence de sens des forces — attraction des masses vis-à-vis de la répulsion de charges de même nom — l'adoption d'une pareille théorie présente des difficultés, que Maxwell avait déjà remarquées. En effet, l'énergie du champ de la pesanteur devient négative; cela entraîne, comme le fait ressortir, par exemple, W. Ritz, dans l'article qui vient d'être mentionné, l'instabilité de l'équilibre dans une pareille théorie. Néanmoins, depuis Maxwell, beaucoup d'autres savants renommés ont consacré leurs efforts à la théorie électromagnétique de la pesanteur, sans résultat satisfaisant, il est vrai. Le schéma électromagnétique semble être trop spécial pour embrasser la gravitation. Si l'on veut arriver à une théorie satisfaisante de l'action immédiate de la

pesanteur, il faut abandonner l'hypothèse de l'électromagnétisme universel. Mais alors les considérations ci-dessus ne laissent pas d'autre moyen de sortir de la difficulté que d'admettre une propagation de la pesanteur en ondes longitudinales. J'ai donc posé pour le potentiel de pesanteur l'équation connue des ondes; pour les champs statiques, elle se réduit à l'équation de Poisson qui figure dans la théorie ordinaire du potentiel.

Dans la nouvelle théorie du champ de la gravitation, la partie de l'énergie qui se trouve dans le champ devient positive; l'équilibre des masses en repos devient par conséquent stable. Le transport des forces s'effectue au moyen de tensions, celui de l'énergie au moyen d'un flux d'énergie qui, conformément au principe de l'inertie de l'énergie, possède une quantité de mouvement. Tous les principes essentiels de la théorie du champ sont donc maintenus, même lorsque l'on complète le schéma électromagnétique spécial de la manière indiquée. Alors le champ électromagnétique dépend de six grandeurs, à savoir des composantes du vecteur électrique et du vecteur magnétique; par contre, le champ de la pesanteur dépend de quatre grandeurs, à savoir des quatre dérivées partielles du potentiel de gravitation par rapport aux coordonnées et au temps; là il y a six grandeurs, ici il y en a quatre, qui déterminent l'énergie, le flux d'énergie et les tensions du champ.

Si l'on combine avec cela l'idée d'Einstein d'une relation entre la vitesse de la lumière et le potentiel de gravitation, il y a des changements dans la valeur de la vitesse de la lumière qui se propagent dans ces ondes longitudinales, de même que se propagent dans les ondes sonores les perturbations de la pression et, par suite, celles de la vitesse du son, laquelle dépend de la pression. On peut alors faire entrer dans la théorie, sans difficulté, le principe de la pesanteur de l'énergie.

G. Mie a indiqué une modification de la théorie qui s'harmonise avec la théorie de la relativité de 1905. Pour maintenir le postulat de la constance de la vitesse de la lumière, ce physicien fait dépendre du potentiel de gravitation la masse, au lieu d'en faire dépendre cette vitesse. Toutefois, comme ce n'est pas la somme, mais la différence de l'énergie potentielle (ou électrique) et de l'énergie cinétique (ou magnétique) qui reste invariante dans les transformations de l'espace et du temps de la théorie de la relativité, il se voit obligé de poser que le poids d'un corps est pro-

portionnel à cette différence. D'après cela, à l'énergie potentielle (ou électrique) reviendrait un poids positif, à l'énergie cinétique (ou magnétique) un poids négatif. Pendant une vibration mécanique ou électromagnétique dans un système isolé, vibration dans laquelle se produisent périodiquement des transformations de l'énergie de la forme potentielle à la forme cinétique, ou de la forme électrique à la forme magnétique, et vice versa, le poids du système éprouverait de petits changements périodiques, d'ailleurs imperceptibles. En outre, dans cette théorie relativiste de la gravitation, le bilan des poids, dans les phénomènes radioactifs, ne serait pas conforme au bilan de l'énergie; quand d'un élément A en naît un autre B contenant une quantité plus petite d'énergie cinétique ou magnétique, comme cette partie d'énergie entre en ligne de compte avec un poids négatif, à la diminution de l'énergie correspondrait une augmentation du poids. Dans cette théorie, la loi de la conservation du poids ne s'appliquerait donc pas strictement à un système isolé. Comme, d'autre part, la masse inerte reste proportionnelle à l'énergie, l'identité de la masse pesante et de la masse inerte n'est pas non plus maintenue exactement chez Mie. Il me semble pourtant que les principes de la conservation du poids et de l'identité de la masse pesante et de la masse inerte ont été vérifiés au moins aussi exactement que celui de la constance de la vitesse de la lumière. Je préfère donc, avec Einstein, sacrifier le dernier.

Dans un travail paru récemment, G. Nordström cherche à donner à la théorie du champ de la pesanteur un développement tel que la proportionnalité de la masse pesante et de la masse inerte soit maintenue dans les limites les plus étendues possible, sans que cependant le postulat de la constance de la vitesse de la lumière soit abandonné. Cela réussit aussi pour des systèmes qui se trouvent en repos ou en mouvement stationnaire. Mais Nordström ne peut pas montrer que, dans les transformations radioactives, le poids varie proportionnellement à l'inertie.

En outre, la théorie de Nordström se voit obligée d'admettre que la longueur de chaque échelle et la marche de chaque horloge dépendent du potentiel de pesanteur. Dans le champ de la pesanteur, où le potentiel change de valeur d'un lieu à un autre, les indications de pareilles échelles et de pareilles horloges ne cadreraient pas avec le schéma relativiste

universel de l'espace et du temps, où vaut le postulat de la constance de la vitesse de la lumière. Un pareil écart dans la mesure locale de l'espace et du temps par rapport à la définition optique universelle de l'espace et du temps peut-il être considéré comme admissible au point de vue de la théorie de la relativité de 1905? C'est ce que nous n'approfondirons pas.

Einstein lui-même s'est également occupé de la théorie de la pesanteur. Dans son étude à ce sujet, il est d'abord parti de prémisses qui correspondent en partie à l'ancienne mécanique, en partie à la théorie de la relativité de 1905, bien qu'il ait renoncé au second postulat de cette théorie; il nous fait aussi espérer une nouvelle théorie de la relativité, comprenant la gravitation; cette théorie, nous en possédons maintenant l'esquisse (*Esquisse d'une théorie généralisée de la relativité et d'une théorie de la gravitation,* par A. Einstein et M. Grossmann, B. G. Teubner, Leipzig, 1913).

Les auteurs posent une transformation quelconque de l'espace et du temps. D'après eux, le champ de la gravitation dépend des dix coefficients qui caractérisent l'espace et le temps dans un domaine infiniment petit: le champ statique influence seulement la valeur de la vitesse de la lumière, et, par là, la marche des horloges; le champ dynamique provoque en outre des extensions et des contractions du réseau des coordonnées. Cette ébauche d'une théorie généralisée de la relativité a un vaste horizon. Les auteurs de l'« esquisse » réussissent aussi, à l'aide de la méthode développée par Ricci et Levi-Civita, du « calcul différentiel absolu », à donner aux équations électromagnétiques et dynamiques fondamentales une forme qui, au moins dans des domaines infinitésimaux, satisfait à ce qu'exige la relativité à l'égard de cette transformation générale. Mais le champ de la gravitation lui-même, que cette esquisse semblait vouloir ranger dans la théorie de la relativité, ne cadre pas avec le schéma fondamental de cette théorie; les équations différentielles du champ de la pesanteur établies par les auteurs ne sont pas invariantes par rapport à cette transformation générale de l'espace et du temps; c'est-à-dire qu'un système de masses s'attirant mutuellement qui est animé d'un mouvement varié ou d'un mouvement de rotation, n'est pas équivalent, en général, à un système en repos.

C'est une chose bien connue qu'en effet il n'y a pas de relativité à l'égard des mouvements de rotation; s'il y en avait

une, nous ne serions pas en état de conclure d'observations sur la forme et le champ de la pesanteur de la Terre à sa rotation. Le problème de la « rotation absolue » a été traité d'une façon approfondie du point de vue de la mécanique classique. La plupart des auteurs qui se sont occupés de cette question considèrent les équations fondamentales de la dynamique comme non invariantes vis-à-vis des mouvements de rotation; toutefois cette conception n'est justifiée que lorsqu'on regarde le champ de la force comme donné. D'autre part, G. Giorgi a montré que l'on peut très bien donner une forme relativiste aux équations de mouvement de Newton. En effet, un observateur fixé à un endroit donné de la surface de la Terre aura le droit de compter toutes les « forces de masses », même la force centrifuge et la force de Coriolis, parmi les « forces de la pesanteur »; alors il pourra laisser intact le second axiome de la mécanique de Newton, malgré la rotation du système auquel il rapportera ses observations. Mais alors — et l'esquisse d'Einstein et Grossmann procède en conséquence — la difficulté est seulement transportée de la dynamique dans la théorie de la gravitation. En effet, quand on réunit les observations de différentes stations, c'est-à-dire quand on détermine le champ de la pesanteur de la Terre, on constate que ce champ ne correspond pas à celui que la Terre en repos ferait naître d'après la loi d'attraction de Newton. Car, suivant cette loi, les sources du champ de la pesanteur se trouvent uniquement dans les masses attirantes; au contraire, le champ de la pesanteur apparent de la Terre effectuant sa rotation contient un élément (le champ de la force centrifuge) dont les sources ne dépendent que de la vitesse de rotation de la Terre. Ainsi, quand on compte les forces additionnelles de la rotation parmi les « forces de la pesanteur », la dynamique devient bien relativiste, mais alors le champ de la pesanteur d'un système animé d'un mouvement de rotation ne reste pas équivalent à celui du système n'effectuant pas de rotation. Ce serait donc faire fausse route que de chercher une théorie de la gravitation qui corresponde au schéma relativiste général; même si une pareille théorie était admissible au point de vue mathématique, elle ne serait pas vraie au point de vue physique.

Ainsi toute théorie de la relativité échoue sur l'écueil de la pesanteur, aussi bien la théorie spéciale de 1905 que la théorie générale de 1913. Les idées relativistes ne sont évidemment

pas assez larges pour servir de cadre à une image complète du monde.

Mais il reste que la théorie de la relativité a une place dans l'histoire de la critique des concepts d'espace et de temps. Elle nous a appris que ces concepts dépendent des idées que nous nous faisons sur la manière dont se comportent les échelles et les horloges servant à la mesure des longueurs et des intervalles de temps, et que ces idées changent en même temps qu'elles. Cela promet à la théorie de la relativité un enterrement honorable.

Mais quel que puisse être le sort de la théorie de la rélativité, la nouvelle mécanique ne cessera pas pour cela de se développer encore, car elle ne formule aucunement un système rigide d'axiomes. Elle considère que sa tâche consiste uniquement à maintenir la mécanique en contact avec les autres disciplines de la physique. De cette façon, les vicissitudes des théories physiques influenceront à l'avenir la mécanique. Mais, de leur côté, les doctrines de la mécanique auront une action régulatrice et souvent décisive sur les conceptions physiques du monde.

Milano, Politecnico.

M. Abraham

(Traduit par M. E. Philippi, licencié ès sciences — Paris).

LA NATURE DES RAYONS X[1]

L'honneur signalé que vous m'avez fait l'année passée, ô Radiologistes Italiens, en m'appelant parmi vous en qualité de Président honoraire de votre nouvelle et déjà florissante Société, m'empêche de me soustraire à l'invitation de commencer vos travaux par une communication scientifique, bien que j'aie conscience d'être tout à fait étranger aux Sciences Biologiques et Médicales, que vous possédez à fond.

N'attendez pas de moi un de ces discours académiques à style recherché qui, à l'époque actuelle, caractérisée par tant de ferveur de recherche scientifique et de progrès, sont à considérer, à mon avis, tout au moins comme non indispensables. Je préfère traiter quelque question qui puisse vous intéresser, et adopter la forme la plus simple, sacrifiant la beauté et l'élégance des phrases à la clarté et à la concision de mon exposition.

Heureusement, je ne me suis pas trouvé embarrassé dans le choix du sujet à traiter; car, dans ce même champ de recherches, dans lequel a été faite la découverte des rayons merveilleux, que vous employez savamment pour le bien de l'humanité, on a obtenu dans ces derniers mois, je pourrais dire même dans ces dernières semaines, des résultats nouveaux et très importants, qui permettent de soulever en partie le voile de mystère qui nous a caché jusqu'à présent les phénomènes découverts par Röntgen.

[1] Discours d'inauguration pour le premier Congrès Italien de Radiologie, qui a eu lieu à Milan le 12 octobre 1913.

En vous rendant compte d'une manière succincte de ces résultats et des conséquences principales auxquelles ils conduisent relativement à la nature probable des rayons X, il me sera possible de toucher le champ de votre activité, même en restant au dedans des frontières de la Science, à laquelle j'ai consacré toute mon énergie.

Le physicien de Würtzburg (à présent de München) s'étant aperçu qu'au voisinage d'un tube à décharges entouré de tout côté de corps opaques, certaines substances, et en particulier celles qui sont phosphorescentes aussi sous l'action de la lumière, devenaient lumineuses, il put annoncer, après des recherches ingénieuses, que du dit tube sortait une radiation nouvelle, douée de quelques-unes des propriétés de la lumière et des rayons catodiques (de l'existence desquels dépend celle des nouveaux rayons), et plus précisément douée de pouvoir phosphorogénique et photographique, mais ayant comme qualité caractéristique un pouvoir de pénétration énormément plus grand, au point de pouvoir traverser toute espèce de substance, jusqu'à une profondeur généralement d'autant plus grande que sa densité est moindre. En peu de temps M. Röntgen put établir que les nouveaux rayons, qu'il appela rayons X, ne pouvaient pas produire les phénomènes principaux de la lumière, comme la réflexion, la réfraction, etc. Enfin il arriva à s'assurer que les ombres projetées sur des corps phosphorescents ou sur des préparations photographiques avaient des contours, qui démontraient qu'ils sont parfaitement rectilignes, et qu'ils partent directement des points où, à l'intérieur du tube à décharges, les rayons catodiques sont arrêtés par la paroi, ou par un corps placé exprès pour produire cet effet, c'est-à-dire l'anticatode.

Je n'ai pas à vous rappeler que ces rayons catodiques fameux, dont l'étude a conduit en peu d'années à des résultats capables de modifier radicalement nos conceptions philosophiques fondamentales, ne sont que les lignes parcourues avec des vitesses vertigineuses par certaines particules appelées électrons, qui sont, pour ainsi dire, les atomes de la substance primordiale inconnue appelée électricité (ou mieux électricité négative), et en même temps, suivant l'opinion désormais unanime, les éléments constitutifs des atomes de la matière. C'est en eux, et dans leurs mouvements, que résident les causes premières de tous les phénomènes du monde physique.

Il n'est pas nécessaire que je vous parle des effets électriques produits par les rayons X, qui furent découverts simultanément, quelques jours à peine après que la première publication de Röntgen eut paru, par un physicien russe, par un physicien suisse, par un physicien français et par celui qui vous parle en ce moment; car ces effets n'ont pour vous qu'un intérêt limité, bien qu'ils fournissent le moyen le plus sensible et le plus précis pour étudier les nouveaux rayons. L'existence d'une relation de cause à effet entre l'arrêt des électrons contre l'anticatode et la production des rayons X, apparut bientôt extrêmement probable, d'autant plus que nos théories physiques (qui en général méritent plus de confiance que celles qu'on admet sans hésitation dans d'autres sciences) nous avaient déjà appris que toute variation de la vitesse possédée par un corps électrisé fait naître dans l'éther universel une de ces perturbations électromagnétiques qui, lorsqu'elles sont périodiques ou oscillatoires, donnent origine aux ondes de lumière. Les rayons X différeraient donc des rayons lumineux par leur manque de périodicité, et cela expliquerait l'impossibilité de réaliser avec eux certains phénomènes de l'Optique.

Jusqu'à ces derniers temps c'était là l'hypothèse admise généralement. Une hypothèse différente, suivant laquelle nos rayons seraient de nature corpusculaire, n'a pas eu beaucoup de succès. Moins que jamais on pourrait la défendre, après qu'on a connu les faits nouveaux dont je vais vous entretenir, qui portent au contraire à faire admettre une ressemblance encore plus intime entre les rayons X et la lumière.

Mais, même indépendamment de ces faits nouveaux, il faut observer que la supposition du manque de caractère vibratoire pour les rayons X n'est pas nécessaire. Il suffit d'admettre qu'ils aient une longueur d'onde extrêmement petite pour se rendre compte de leurs propriétés. Pour bien l'expliquer, je me servirai d'une analogie qu'on emploie souvent.

Les ondes sonores sont réfléchies régulièrement par un corps de dimensions convenables, comme un mur, une large lame métallique, etc., mais non par un corps de dimensions trop petites, par exemple un pieu enfoncé verticalement dans le sol. La raison en est que la formation de l'onde réfléchie exige le concours de bon nombre de ces ondes sphériques élémentaires, produites par chaque petite portion du corps frappé

par les ondes incidentes; et il faut pour cela que le corps réfléchissant ait des dimensions d'autant plus grandes, que la longueur d'onde est plus grande elle-même, c'est-à-dire que le son est plus grave. Un son très aigu pourra être réfléchi par un obstacle qui serait trop petit pour donner la réflexion régulière d'un son grave.

Je ne m'arrêterai pas à définir la longueur d'onde, car il suffit d'observer les ondes superficielles qu'on crée en jetant un caillou dans une eau tranquille, pour en avoir une idée. De même que ces ondes ne sont que des anneaux alternativement en relief et creusés, les ondes sonores dans l'air sont des couches sphériques dans lesquelles l'air est alternativement un peu comprimé ou un peu raréfié. Et tandis que, dans le cas de l'eau, la longueur d'onde est la distance entre deux anneaux successifs relevés ou creusés, la longueur d'onde, dans le cas du son, est la distance entre deux couches comprimées ou raréfiées successives.

Or, la longueur d'onde pour les sons perceptibles va de quelques millimètres jusqu'à plus de vingt mètres, tandis que les longueurs d'onde pour les vibrations de la lumière sont si petites, qu'on les exprime commodément en dix-millièmes de millimètre. Il s'ensuit que, pour que la réflexion régulière de la lumière n'ait plus lieu, il faudra que le corps frappé par elle ait des dimensions très petites.

Effectivement, toute trace de propagation rectiligne de la lumière disparaît, lorsqu'on fait intervenir dans les phénomènes optiques des sources lumineuses très petites, des corps opaques très déliés, ou des ouvertures très étroites. Dans ces circonstances se présentent les phénomènes dits de *diffraction,* dont l'étude a grandement aidé à éclairer la nature ondulatoire de la lumière. Il ne s'agit pas ici de découvertes récentes, car le premier fait de diffraction a été observé à Bologne, il y a deux siècles et demi, par le moine Grimaldi.

D'une façon analogue il suffira d'admettre pour les rayons X des longueurs d'onde beaucoup plus petites encore que celles des rayons de lumière, pour comprendre que, vu qu'il n'est plus permis de faire abstraction des intervalles existant entre molécule et molécule, chacune de celles-ci agit d'une manière indépendante et, à cause de ses dimensions très petites, ne peut pas donner lieu à la réflexion, mais seulement à la diffraction.

Quelques physiciens avaient essayé d'obtenir, non sans quelques indices de succès qu'aujourd'hui on peut mieux apprécier, un phénomène de diffraction, en faisant passer les rayons X par des fentes extrêmement étroites. Mais une expérience faite à München par les physiciens Laue, Friedrich et Knipping, bientôt répétée, complétée et discutée par d'autres, enlève toute incertitude sur le caractère vibratoire des dits rayons.

Bien que de grande importance pour les conséquences auxquelles elle conduit, cette expérience est en elle-même très simple, et serait probablement considérée comme une curiosité sans importance par ceux qui ne savent pas s'en rendre compte; ce qui souvent a lieu dans les cas semblables. Peu de mots pourront me suffire pour en faire une description telle que ceux qui en auraient le désir puissent la répéter.

Un certain nombre de lames de plomb parallèles protègent contre l'action des rayons X, provenant d'un des tubes usuels qui les produisent, un petit corps à structure cristalline, par exemple le sel gemme, le limpide minéral que les recherches classiques de Melloni ont rendu célèbre. Tous ces diaphragmes portent un trou très petit; et comme les trous ont été bien placés en ligne droite, un faisceau très mince de rayons arrive au cristal.

A quelque distance on place une plaque photographique, de manière qu'elle aussi soit protégée par les lames de plomb. Elle est entourée de papier noir pour un motif évident.

Après quelques heures de pose, on trouve sur la plaque, traitée par les révélateurs et fixateurs ordinaires, non seulement une tache noire due à l'action directe du faisceau de rayons X, si celui-ci rencontrait la plaque, mais un certain nombre d'autres taches d'intensités différentes, distribuées d'une manière régulière correspondant aux symétries de structure du cristal. C'est à peu près comme si, au lieu des rayons X, on employait des rayons lumineux, et que ceux-ci rencontrassent un diamant, produisant par ses nombreuses facettes divers faisceaux réfléchis.

Cette expérience et d'autres analogues, bien étudiées, ont fait comprendre qu'elles sont dues à la diffraction et qu'elles constituent un phénomène beaucoup plus complexe que celui que présentent nos réseaux, car les éléments actifs sont distribués dans l'espace au lieu de l'être sur une surface.

Malgré cette complication, et grâce encore à l'emploi de quelques analogies, j'espère arriver à vous en donner tout de suite une idée assez claire. Mon exposition vous paraîtra peut-être trop banale et trop au-dessous du niveau de vos connaissances scientifiques; mais j'espère que vous me pardonnerez en tenant compte seulement de mon honnête intention, qui est de vous épargner l'ennui d'une attention trop soutenue.

J'ai déjà dit qu'un simple pieu vertical ne donne pas d'une manière sensible la réflexion d'un son; une palissade, au contraire, peut très bien produire un écho. Eh bien, considérons un cas intermédiaire, et plus précisément un grand nombre de pieux bien alignés, mais espacés. Chacun d'eux, lorsque les ondes sonores arrivent sur lui, devient l'origine d'ondes secondaires, qui se propagent dans tous les sens. Si les distances qui séparent les pieux étaient nulles, l'ensemble de ces ondes élémentaires formerait les ondes réfléchies. L'existence des intervalles entre les pieux fait manquer les ondes que donneraient les pieux absents, et si les dits intervalles sont assez petits, le résultat final est à peu près une simple diminution d'intensité de l'onde réfléchie. A la rigueur, outre cette onde pseudo-réfléchie, on vérifie qu'il y a une propagation de son dans certaines autres directions; mais cela a peu d'importance. Ainsi on peut dire que la file de pieux, pourvus qu'ils ne soient pas trop distancés entre eux, imite l'effet de la palissade.

Supposons à présent que, derrière la file de pieux considérée, il y en ait d'autres parallèles à la première et à des distances successives égales. Ces nouvelles files de pieux donneront origine elles aussi à des ondes réfléchies, et toutes ces ondes se propageront suivant une même direction, celle qui est définie par les lois connues de la réflexion. Si elles arrivent à l'oreille d'un observateur, celui-ci aura la perception du son qu'elles propagent.

Nous sommes arrivés au point le plus délicat de notre explication. Il faut se persuader que l'intensité de la perception sonore dépend de la distance qui sépare une file de pieux de la file suivante.

A cet effet il faut considérer que les ondes réfléchies par les différentes rangées de pieux se propagent dans une même direction, mais qu'elles atteignent l'oreille de l'observateur à des époques différentes, car celles qui viennent d'une des rangées arrivent après celles qui partent de la rangée successive

plus proche de l'observateur, et avant celles qui sont réfléchies par les rangées plus éloignées. L'intervalle de temps qui sépare l'arrivée des ondes réfléchies produites par deux rangées successives, mais correspondant à une même onde incidente, dépend évidemment de la distance d'une file à l'autre, à parité de direction des ondes qui arrivent, ou ondes incidentes.

Cela étant établi, supposons que, par hasard, cet intervalle de temps soit égal à la moitié de la durée de chaque vibration sonore. Les ondes réfléchies par deux rangées successives de pieux devront alors s'entre-détruire, c'est-à-dire qu'il y aura interférence. En effet si, à un certain moment, l'un des deux trains d'ondes porte à l'oreille de l'observateur une compression d'air, l'autre y produira une raréfaction, et réciproquement. Mais si le dit intervalle de temps est égal à la durée entière de chaque vibration du corps sonore (ou bien à un de ses multiples), les ondes réfléchies par toutes les rangées de pieux arriveront à l'observateur avec des phases concordantes et leurs effets s'ajouteront. On comprend ainsi que, lorsque la réflexion a lieu avec l'intensité maximum, il existe une relation connue entre les distances d'une rangée à l'autre et la longueur d'onde.

Tout cela est aussi applicable, en substance, aux ondes lumineuses et même aux rayons X, si on en admet la nature vibratoire (comme elle découle précisément de l'expérience qui nous occupe). Aux pieux de l'expérience acoustique nous supposerons substitués dans ce but les éléments constitutifs du corps cristallisé.

On sait depuis longtemps que, pour expliquer les propriétés physiques et l'admirable architecture des cristaux, il faut supposer que leurs molécules sont distribuées d'une manière très régulière. Pour rester dans le cas le plus simple, qui est précisément le cas du sel gemme, il faut attribuer aux molécules une distribution dans l'espace qu'on pourrait appeler cubique, et que nous pourrons facilement concevoir grâce à l'artifice suivant.

Supposons un grand nombre de dés égaux entre eux, et disposons-en un certain nombre sur une table, en les plaçant les uns près des autres de manière à ne pas laisser d'intervalles, et à former ainsi une espèce d'échiquier. Sur chacun de ces dés plaçons un autre dé, et formons ainsi une deuxième couche, qui occupera la place où serait portée la

première si on la déplaçait verticalement. Construisons enfin d'une manière semblable d'autres couches successives. Si, supposant que les dés disparaissent tout à coup, on imagine une molécule placée sur chaque point de l'espace où se trouvaient les sommets des dés, nous aurons réalisé la structure régulière de notre cristal.

On pourra aussi admettre, et ce sera même préférable suivant M.e W. L. Bragg, que dans chacun des points considérés il y a, non pas une molécule, mais simplement un atome, de chlore ou de sodium pour le cas du sel gemme, de manière que les atomes des deux espèces soient alternés suivant les directions des arêtes des dés et suivant celles de leurs diagonales.

L'expérience que nous avons décrite s'explique bien (et on ne voit pas comment on pourrait l'expliquer d'une autre manière), si l'on admet la nature vibratoire des rayons X. C'est en ce sens qu'on peut dire que cette conclusion est démontrée par la dite expérience. Voici de quelle manière.

Par rapport aux ondes très courtes auxquelles les rayons X sont dus, les molécules ou les atomes distribués dans l'espace de la manière qu'on vient de décrire, se comporteront comme les pieux de l'expérience sonore hypothétique. Toutes les particules situées dans un même plan, et celles qui se trouvent sur des plans parallèles au premier, produiront la réflexion des rayons et donneront origine à une image sur la plaque photographique, si l'inclination des rayons incidents et les distances entre les dits plans ont des valeurs telles, qu'on ait un accord entre les phases des ondes réfléchies.

Si le faisceau de rayons employés n'est pas homogène, si par exemple il se compose, comme la lumière blanche, d'un très grand nombre de rayons de différentes longueurs d'onde, on pourra obtenir nombre d'images. Mais même avec une longueur d'onde unique on en aura un certain nombre, parce que de mille manières on peut concevoir des systèmes de plans équidistants, sur lesquels soient réparties les molécules du cristal. Les orientations possibles pour ces plans sont, suivant les lois cristallographiques, celles des faces possibles du cristal. Toutefois on n'aura d'images assez visibles que par les systèmes de plans tels, que les molécules ne soient pas trop espacées sur eux.

Grâce à des recherches faites dans d'autres champs de

la physique, on connaît avec quelque approximation les distances intermoléculaires et, par exemple, pour le cas du sel gemme on peut admettre qu'il y a environ trois millions de molécules équidistantes sur la longueur d'un millimètre. L'expérience décrite permettra alors une évaluation de la longueur d'onde, et on trouvera que pour les rayons X elle est, en moyenne, mille fois plus petite que pour les rayons visibles.

Comme on parle d'un spectre de la lumière, on pourra parler d'un spectre des rayons X, qui peuvent être considérés comme des rayons ultra-ultraviolets. On pourra dire, par exemple, qu'un tube à anticatode de platine donne un spectre analogue à celui de la lumière blanche, avec certaines raies plus marquées. Cela exprimera, que des rayons X sont émis ayant des longueurs d'onde variées et, par conséquent, ayant différents pouvoirs de pénétration, et que certains de ces rayons, ayant certaines longueurs d'onde, possèdent une intensité particulièrement grande. Ces rayons sont caractéristiques pour le platine, tandis que d'autres rayons caractérisent d'autres corps. Ainsi un anticatode de rodium émet surtout des rayons de deux longueurs d'onde peu différentes entre elles, pour l'une desquelles l'intensité est beaucoup plus grande que pour l'autre.

Dans beaucoup de cas l'affinité intime existant entre les rayons X et les rayons lumineux pourra être utile pour la discussion de certaines expériences, et en particulier pour celles où il y a absorption, ce qui est le cas, par exemple, de la lame d'aluminium que vous employez si souvent pour arrêter les rayons moins pénétrants. Ces rayons pourraient endommager la peau beaucoup plus gravement et plus profondément qu'une journée entière de soleil sur les Alpes. La lame agit comme un verre bleu placé sur le chemin de la lumière blanche. Mais lorsqu'on emploie ces analogies il ne faut pas oublier que, tandis que dans les expériences d'optique on fait généralement usage de milieux parfaitement limpides et transparents, tous les corps se comportent par rapport aux rayons X comme des milieux troubles, car chacune de leurs molécules renvoie des rayons dans toutes les directions, souvent avec changement de longueur d'onde et de pouvoir pénétrant.

La nature des rayons découverts par Röntgen ne peut donc plus s'appeler mystérieuse. Lorsque vous dirigez les rayons provenant de l'anticatode de vos puissants tubes dans le corps

d'un homme, c'est, on peut dire, un faisceau de lumière invisible que vous envoyez sur les plaques sensibles ou phosphorescentes, pour étudier dans leurs ombres les parties les plus inaccessibles du corps humain. Et lorsque vous portez l'action bienfaisante des rayons sur des organes malades pour combattre le mal dans son siège profond, c'est, d'une certaine manière, une cure de lumière que vous pratiquez.

Tout cela, bien entendu, est une probabilité et non la certitude, qui peut-être ne pourra jamais être atteinte par l'homme. Mais l'hypothèse, suivant laquelle les rayons X ont la même nature que les rayons lumineux, et sont ainsi une manifestation d'ondes électromagnétiques se propageant dans l'éther, est la conséquence la plus logique qu'on puisse tirer des faits nouveaux. Son utilité est incontestable, car elle pourra servir de guide pour des recherches nouvelles et même conduire ainsi à des résultats importants.

Et vous, qui avez si souvent l'occasion d'employer les rayons de Röntgen, vous serez peut-être à même de déceler des modalités nouvelles de leurs manifestations. Votre Société, à laquelle un avenir glorieux ne peut faire défaut au profit de l'art de rendre la santé, aura alors hautement mérité aussi, je l'espère et je le souhaite de tout mon cœur, de la Science que j'aime par-dessus tout.

Bologna, Università.

A. RIGHI

LA NATURE DES RAYONS X[1]

L'honneur signalé que vous m'avez fait l'année passée, ô Radiologistes Italiens, en m'appelant parmi vous en qualité de Président honoraire de votre nouvelle et déjà florissante Société, m'empêche de me soustraire à l'invitation de commencer vos travaux par une communication scientifique, bien que j'aie conscience d'être tout à fait étranger aux Sciences Biologiques et Médicales, que vous possédez à fond.

N'attendez pas de moi un de ces discours académiques à style recherché qui, à l'époque actuelle, caractérisée par tant de ferveur de recherche scientifique et de progrès, sont à considérer, à mon avis, tout au moins comme non indispensables. Je préfère traiter quelque question qui puisse vous intéresser, et adopter la forme la plus simple, sacrifiant la beauté et l'élégance des phrases à la clarté et à la concision de mon exposition.

Heureusement, je ne me suis pas trouvé embarrassé dans le choix du sujet à traiter; car, dans ce même champ de recherches, dans lequel a été faite la découverte des rayons merveilleux, que vous employez savamment pour le bien de l'humanité, on a obtenu dans ces derniers mois, je pourrais dire même dans ces dernières semaines, des résultats nouveaux et très importants, qui permettent de soulever en partie le voile de mystère qui nous a caché jusqu'à présent les phénomènes découverts par Röntgen.

[1] Discours d'inauguration pour le premier Congrès Italien de Radiologie, qui a eu lieu à Milan le 12 octobre 1913.

En vous rendant compte d'une manière succincte de ces résultats et des conséquences principales auxquelles ils conduisent relativement à la nature probable des rayons X, il me sera possible de toucher le champ de votre activité, même en restant au dedans des frontières de la Science, à laquelle j'ai consacré toute mon énergie.

Le physicien de Würtzburg (à présent de München) s'étant aperçu qu'au voisinage d'un tube à décharges entouré de tout côté de corps opaques, certaines substances, et en particulier celles qui sont phosphorescentes aussi sous l'action de la lumière, devenaient lumineuses, il put annoncer, après des recherches ingénieuses, que du dit tube sortait une radiation nouvelle, douée de quelques-unes des propriétés de la lumière et des rayons catodiques (de l'existence desquels dépend celle des nouveaux rayons), et plus précisément douée de pouvoir phosphorogénique et photographique, mais ayant comme qualité caractéristique un pouvoir de pénétration énormément plus grand, au point de pouvoir traverser toute espèce de substance, jusqu'à une profondeur généralement d'autant plus grande que sa densité est moindre. En peu de temps M. Röntgen put établir que les nouveaux rayons, qu'il appela rayons X, ne pouvaient pas produire les phénomènes principaux de la lumière, comme la réflexion, la réfraction, etc. Enfin il arriva à s'assurer que les ombres projetées sur des corps phosphorescents ou sur des préparations photographiques avaient des contours, qui démontraient qu'ils sont parfaitement rectilignes, et qu'ils partent directement des points où, à l'intérieur du tube à décharges, les rayons catodiques sont arrêtés par la paroi, ou par un corps placé exprès pour produire cet effet, c'est-à-dire l'anticatode.

Je n'ai pas à vous rappeler que ces rayons catodiques fameux, dont l'étude a conduit en peu d'années à des résultats capables de modifier radicalement nos conceptions philosophiques fondamentales, ne sont que les lignes parcourues avec des vitesses vertigineuses par certaines particules appelées électrons, qui sont, pour ainsi dire, les atomes de la substance primordiale inconnue appelée électricité (ou mieux électricité négative), et en même temps, suivant l'opinion désormais unanime, les éléments constitutifs des atomes de la matière. C'est en eux, et dans leurs mouvements, que résident les causes premières de tous les phénomènes du monde physique.

Il n'est pas nécessaire que je vous parle des effets électriques produits par les rayons X, qui furent découverts simultanément, quelques jours à peine après que la première publication de Röntgen eut paru, par un physicien russe, par un physicien suisse, par un physicien français et par celui qui vous parle en ce moment; car ces effets n'ont pour vous qu'un intérêt limité, bien qu'ils fournissent le moyen le plus sensible et le plus précis pour étudier les nouveaux rayons. L'existence d'une relation de cause à effet entre l'arrêt des électrons contre l'anticatode et la production des rayons X, apparut bientôt extrêmement probable, d'autant plus que nos théories physiques (qui en général méritent plus de confiance que celles qu'on admet sans hésitation dans d'autres sciences) nous avaient déjà appris que toute variation de la vitesse possédée par un corps électrisé fait naître dans l'éther universel une de ces perturbations électromagnétiques qui, lorsqu'elles sont périodiques ou oscillatoires, donnent origine aux ondes de lumière. Les rayons X différeraient donc des rayons lumineux par leur manque de périodicité, et cela expliquerait l'impossibilité de réaliser avec eux certains phénomènes de l'Optique.

Jusqu'à ces derniers temps c'était là l'hypothèse admise généralement. Une hypothèse différente, suivant laquelle nos rayons seraient de nature corpusculaire, n'a pas eu beaucoup de succès. Moins que jamais on pourrait la défendre, après qu'on a connu les faits nouveaux dont je vais vous entretenir, qui portent au contraire à faire admettre une ressemblance encore plus intime entre les rayons X et la lumière.

Mais, même indépendamment de ces faits nouveaux, il faut observer que la supposition du manque de caractère vibratoire pour les rayons X n'est pas nécessaire. Il suffit d'admettre qu'ils aient une longueur d'onde extrêmement petite pour se rendre compte de leurs propriétés. Pour bien l'expliquer, je me servirai d'une analogie qu'on emploie souvent.

Les ondes sonores sont réfléchies régulièrement par un corps de dimensions convenables, comme un mur, une large lame métallique, etc., mais non par un corps de dimensions trop petites, par exemple un pieu enfoncé verticalement dans le sol. La raison en est que la formation de l'onde réfléchie exige le concours de bon nombre de ces ondes sphériques élémentaires, produites par chaque petite portion du corps frappé

par les ondes incidentes; et il faut pour cela que le corps réfléchissant ait des dimensions d'autant plus grandes, que la longueur d'onde est plus grande elle-même, c'est-à-dire que le son est plus grave. Un son très aigu pourra être réfléchi par un obstacle qui serait trop petit pour donner la réflexion régulière d'un son grave.

Je ne m'arrêterai pas à définir la longueur d'onde, car il suffit d'observer les ondes superficielles qu'on crée en jetant un caillou dans une eau tranquille, pour en avoir une idée. De même que ces ondes ne sont que des anneaux alternativement en relief et creusés, les ondes sonores dans l'air sont des couches sphériques dans lesquelles l'air est alternativement un peu comprimé ou un peu raréfié. Et tandis que, dans le cas de l'eau, la longueur d'onde est la distance entre deux anneaux successifs relevés ou creusés, la longueur d'onde, dans le cas du son, est la distance entre deux couches comprimées ou raréfiées successives.

Or, la longueur d'onde pour les sons perceptibles va de quelques millimètres jusqu'à plus de vingt mètres, tandis que les longueurs d'onde pour les vibrations de la lumière sont si petites, qu'on les exprime commodément en dix-millièmes de millimètre. Il s'ensuit que, pour que la réflexion régulière de la lumière n'ait plus lieu, il faudra que le corps frappé par elle ait des dimensions très petites.

Effectivement, toute trace de propagation rectiligne de la lumière disparaît, lorsqu'on fait intervenir dans les phénomènes optiques des sources lumineuses très petites, des corps opaques très déliés, ou des ouvertures très étroites. Dans ces circonstances se présentent les phénomènes dits de *diffraction,* dont l'étude a grandement aidé à éclairer la nature ondulatoire de la lumière. Il ne s'agit pas ici de découvertes récentes, car le premier fait de diffraction a été observé à Bologne, il y a deux siècles et demi, par le moine Grimaldi.

D'une façon analogue il suffira d'admettre pour les rayons X des longueurs d'onde beaucoup plus petites encore que celles des rayons de lumière, pour comprendre que, vu qu'il n'est plus permis de faire abstraction des intervalles existant entre molécule et molécule, chacune de celles-ci agit d'une manière indépendante et, à cause de ses dimensions très petites, ne peut pas donner lieu à la réflexion, mais seulement à la diffraction.

Quelques physiciens avaient essayé d’obtenir, non sans quelques indices de succès qu’aujourd’hui on peut mieux apprécier, un phénomène de diffraction, en faisant passer les rayons X par des fentes extrêmement étroites. Mais une expérience faite à München par les physiciens Laue, Friedrich et Knipping, bientôt répétée, complétée et discutée par d’autres, enlève toute incertitude sur le caractère vibratoire des dits rayons.

Bien que de grande importance pour les conséquences auxquelles elle conduit, cette expérience est en elle-même très simple, et serait probablement considérée comme une curiosité sans importance par ceux qui ne savent pas s’en rendre compte; ce qui souvent a lieu dans les cas semblables. Peu de mots pourront me suffire pour en faire une description telle que ceux qui en auraient le désir puissent la répéter.

Un certain nombre de lames de plomb parallèles protègent contre l’action des rayons X, provenant d’un des tubes usuels qui les produisent, un petit corps à structure cristalline, par exemple le sel gemme, le limpide minéral que les recherches classiques de Melloni ont rendu célèbre. Tous ces diaphragmes portent un trou très petit; et comme les trous ont été bien placés en ligne droite, un faisceau très mince de rayons arrive au cristal.

A quelque distance on place une plaque photographique, de manière qu’elle aussi soit protégée par les lames de plomb. Elle est entourée de papier noir pour un motif évident.

Après quelques heures de pose, on trouve sur la plaque, traitée par les révélateurs et fixateurs ordinaires, non seulement une tache noire due à l’action directe du faisceau de rayons X, si celui-ci rencontrait la plaque, mais un certain nombre d’autres taches d’intensités différentes, distribuées d’une manière régulière correspondant aux symétries de structure du cristal. C’est à peu près comme si, au lieu des rayons X, on employait des rayons lumineux, et que ceux-ci rencontrassent un diamant, produisant par ses nombreuses facettes divers faisceaux réfléchis.

Cette expérience et d’autres analogues, bien étudiées, ont fait comprendre qu’elles sont dues à la diffraction et qu’elles constituent un phénomène beaucoup plus complexe que celui que présentent nos réseaux, car les éléments actifs sont distribués dans l’espace au lieu de l’être sur une surface.

Malgré cette complication, et grâce encore à l'emploi de quelques analogies, j'espère arriver à vous en donner tout de suite une idée assez claire. Mon exposition vous paraîtra peut-être trop banale et trop au-dessous du niveau de vos connaissances scientifiques; mais j'espère que vous me pardonnerez en tenant compte seulement de mon honnête intention, qui est de vous épargner l'ennui d'une attention trop soutenue.

J'ai déjà dit qu'un simple pieu vertical ne donne pas d'une manière sensible la réflexion d'un son; une palissade, au contraire, peut très bien produire un écho. Eh bien, considérons un cas intermédiaire, et plus précisément un grand nombre de pieux bien alignés, mais espacés. Chacun d'eux, lorsque les ondes sonores arrivent sur lui, devient l'origine d'ondes secondaires, qui se propagent dans tous les sens. Si les distances qui séparent les pieux étaient nulles, l'ensemble de ces ondes élémentaires formerait les ondes réfléchies. L'existence des intervalles entre les pieux fait manquer les ondes que donneraient les pieux absents, et si les dits intervalles sont assez petits, le résultat final est à peu près une simple diminution d'intensité de l'onde réfléchie. A la rigueur, outre cette onde pseudo-réfléchie, on vérifie qu'il y a une propagation de son dans certaines autres directions; mais cela a peu d'importance. Ainsi on peut dire que la file de pieux, pourvus qu'ils ne soient pas trop distancés entre eux, imite l'effet de la palissade.

Supposons à présent que, derrière la file de pieux considérée, il y en ait d'autres parallèles à la première et à des distances successives égales. Ces nouvelles files de pieux donneront origine elles aussi à des ondes réfléchies, et toutes ces ondes se propageront suivant une même direction, celle qui est définie par les lois connues de la réflexion. Si elles arrivent à l'oreille d'un observateur, celui-ci aura la perception du son qu'elles propagent.

Nous sommes arrivés au point le plus délicat de notre explication. Il faut se persuader que l'intensité de la perception sonore dépend de la distance qui sépare une file de pieux de la file suivante.

A cet effet il faut considérer que les ondes réfléchies par les différentes rangées de pieux se propagent dans une même direction, mais qu'elles atteignent l'oreille de l'observateur à des époques différentes, car celles qui viennent d'une des rangées arrivent après celles qui partent de la rangée successive

plus proche de l'observateur, et avant celles qui sont réfléchies par les rangées plus éloignées. L'intervalle de temps qui sépare l'arrivée des ondes réfléchies produites par deux rangées successives, mais correspondant à une même onde incidente, dépend évidemment de la distance d'une file à l'autre, à parité de direction des ondes qui arrivent, ou ondes incidentes.

Cela étant établi, supposons que, par hasard, cet intervalle de temps soit égal à la moitié de la durée de chaque vibration sonore. Les ondes réfléchies par deux rangées successives de pieux devront alors s'entre-détruire, c'est-à-dire qu'il y aura interférence. En effet si, à un certain moment, l'un des deux trains d'ondes porte à l'oreille de l'observateur une compression d'air, l'autre y produira une raréfaction, et réciproquement. Mais si le dit intervalle de temps est égal à la durée entière de chaque vibration du corps sonore (ou bien à un de ses multiples), les ondes réfléchies par toutes les rangées de pieux arriveront à l'observateur avec des phases concordantes et leurs effets s'ajouteront. On comprend ainsi que, lorsque la réflexion a lieu avec l'intensité maximum, il existe une relation connue entre les distances d'une rangée à l'autre et la longueur d'onde.

Tout cela est aussi applicable, en substance, aux ondes lumineuses et même aux rayons X, si on en admet la nature vibratoire (comme elle découle précisément de l'expérience qui nous occupe). Aux pieux de l'expérience acoustique nous supposerons substitués dans ce but les éléments constitutifs du corps cristallisé.

On sait depuis longtemps que, pour expliquer les propriétés physiques et l'admirable architecture des cristaux, il faut supposer que leurs molécules sont distribuées d'une manière très régulière. Pour rester dans le cas le plus simple, qui est précisément le cas du sel gemme, il faut attribuer aux molécules une distribution dans l'espace qu'on pourrait appeler cubique, et que nous pourrons facilement concevoir grâce à l'artifice suivant.

Supposons un grand nombre de dés égaux entre eux, et disposons-en un certain nombre sur une table, en les plaçant les uns près des autres de manière à ne pas laisser d'intervalles, et à former ainsi une espèce d'échiquier. Sur chacun de ces dés plaçons un autre dé, et formons ainsi une deuxième couche, qui occupera la place où serait portée la

première si on la déplaçait verticalement. Construisons enfin d'une manière semblable d'autres couches successives. Si, supposant que les dés disparaissent tout à coup, on imagine une molécule placée sur chaque point de l'espace où se trouvaient les sommets des dés, nous aurons réalisé la structure régulière de notre cristal.

On pourra aussi admettre, et ce sera même préférable suivant M.e W. L. Bragg, que dans chacun des points considérés il y a, non pas une molécule, mais simplement un atome, de chlore ou de sodium pour le cas du sel gemme, de manière que les atomes des deux espèces soient alternés suivant les directions des arêtes des dés et suivant celles de leurs diagonales.

L'expérience que nous avons décrite s'explique bien (et on ne voit pas comment on pourrait l'expliquer d'une autre manière), si l'on admet la nature vibratoire des rayons X. C'est en ce sens qu'on peut dire que cette conclusion est démontrée par la dite expérience. Voici de quelle manière.

Par rapport aux ondes très courtes auxquelles les rayons X sont dus, les molécules ou les atomes distribués dans l'espace de la manière qu'on vient de décrire, se comporteront comme les pieux de l'expérience sonore hypothétique. Toutes les particules situées dans un même plan, et celles qui se trouvent sur des plans parallèles au premier, produiront la réflexion des rayons et donneront origine à une image sur la plaque photographique, si l'inclination des rayons incidents et les distances entre les dits plans ont des valeurs telles, qu'on ait un accord entre les phases des ondes réfléchies.

Si le faisceau de rayons employés n'est pas homogène, si par exemple il se compose, comme la lumière blanche, d'un très grand nombre de rayons de différentes longueurs d'onde, on pourra obtenir nombre d'images. Mais même avec une longueur d'onde unique on en aura un certain nombre, parce que de mille manières on peut concevoir des systèmes de plans équidistants, sur lesquels soient réparties les molécules du cristal. Les orientations possibles pour ces plans sont, suivant les lois cristallographiques, celles des faces possibles du cristal. Toutefois on n'aura d'images assez visibles que par les systèmes de plans tels, que les molécules ne soient pas trop espacées sur eux.

Grâce à des recherches faites dans d'autres champs de

la physique, on connaît avec quelque approximation les distances intermoléculaires et, par exemple, pour le cas du sel gemme on peut admettre qu'il y a environ trois millions de molécules équidistantes sur la longueur d'un millimètre. L'expérience décrite permettra alors une évaluation de la longueur d'onde, et on trouvera que pour les rayons X elle est, en moyenne, mille fois plus petite que pour les rayons visibles.

Comme on parle d'un spectre de la lumière, on pourra parler d'un spectre des rayons X, qui peuvent être considérés comme des rayons ultra-ultraviolets. On pourra dire, par exemple, qu'un tube à anticatode de platine donne un spectre analogue à celui de la lumière blanche, avec certaines raies plus marquées. Cela exprimera, que des rayons X sont émis ayant des longueurs d'onde variées et, par conséquent, ayant différents pouvoirs de pénétration, et que certains de ces rayons, ayant certaines longueurs d'onde, possèdent une intensité particulièrement grande. Ces rayons sont caractéristiques pour le platine, tandis que d'autres rayons caractérisent d'autres corps. Ainsi un anticatode de rodium émet surtout des rayons de deux longueurs d'onde peu différentes entre elles, pour l'une desquelles l'intensité est beaucoup plus grande que pour l'autre.

Dans beaucoup de cas l'affinité intime existant entre les rayons X et les rayons lumineux pourra être utile pour la discussion de certaines expériences, et en particulier pour celles où il y a absorption, ce qui est le cas, par exemple, de la lame d'aluminium que vous employez si souvent pour arrêter les rayons moins pénétrants. Ces rayons pourraient endommager la peau beaucoup plus gravement et plus profondément qu'une journée entière de soleil sur les Alpes. La lame agit comme un verre bleu placé sur le chemin de la lumière blanche. Mais lorsqu'on emploie ces analogies il ne faut pas oublier que, tandis que dans les expériences d'optique on fait généralement usage de milieux parfaitement limpides et transparents, tous les corps se comportent par rapport aux rayons X comme des milieux troubles, car chacune de leurs molécules renvoie des rayons dans toutes les directions, souvent avec changement de longueur d'onde et de pouvoir pénétrant.

La nature des rayons découverts par Röntgen ne peut donc plus s'appeler mystérieuse. Lorsque vous dirigez les rayons provenant de l'anticatode de vos puissants tubes dans le corps

d'un homme, c'est, on peut dire, un faisceau de lumière invisible que vous envoyez sur les plaques sensibles ou phosphorescentes, pour étudier dans leurs ombres les parties les plus inaccessibles du corps humain. Et lorsque vous portez l'action bienfaisante des rayons sur des organes malades pour combattre le mal dans son siège profond, c'est, d'une certaine manière, une cure de lumière que vous pratiquez.

Tout cela, bien entendu, est une probabilité et non la certitude, qui peut-être ne pourra jamais être atteinte par l'homme. Mais l'hypothèse, suivant laquelle les rayons X ont la même nature que les rayons lumineux, et sont ainsi une manifestation d'ondes électromagnétiques se propageant dans l'éther, est la conséquence la plus logique qu'on puisse tirer des faits nouveaux. Son utilité est incontestable, car elle pourra servir de guide pour des recherches nouvelles et même conduire ainsi à des résultats importants.

Et vous, qui avez si souvent l'occasion d'employer les rayons de Röntgen, vous serez peut-être à même de déceler des modalités nouvelles de leurs manifestations. Votre Société, à laquelle un avenir glorieux ne peut faire défaut au profit de l'art de rendre la santé, aura alors hautement mérité aussi, je l'espère et je le souhaite de tout mon cœur, de la Science que j'aime par-dessus tout.

Bologna, Università.

A. Righi

la physique, on connaît avec quelque approximation les di
tances intermoléculaires et, par exemple, pour le cas du
gemme on peut admettre qu'il y a environ trois milli
de molécules équidistantes sur la longueur d'un millimè
L'expérience décrite permettra alors une évaluation de la
gueur d'onde, et on trouvera que pour les rayons X elle
en moyenne, mille fois plus petite que pour les rayons visi

Comme on parle d'un spectre de la lumière, on p
parler d'un spectre des rayons X, qui peuvent être cons
comme des rayons ultra-ultraviolets. On pourra dir
exemple, qu'un tube à anticatode de platine donne un
analogue à celui de la lumière blanche, avec certain
plus marquées. Cela exprimera, que des rayons X so
ayant des longueurs d'onde variées et, par conséque
différents pouvoirs de pénétration, et que certains de c
ayant certaines longueurs d'onde, possèdent une int
ticulièrement grande. Ces rayons sont caractéristi
le platine, tandis que d'autres rayons caractérise
corps. Ainsi un anticatode de rodium émet surtout
de deux longueurs d'onde peu différentes entre
l'une desquelles l'intensité est beaucoup plus gran
l'autre.

Dans beaucoup de cas l'affinité intime exist
rayons X et les rayons lumineux pourra être util
cussion de certaines expériences, et en particulie
où il y a absorption, ce qui est le cas, par exempl
d'aluminium que vous employez si souvent pou
rayons moins pénétrants. Ces rayons pourraient
la peau beaucoup plus gravement et plus profond
journée entière de soleil sur les Alpes. La lame
un verre bleu placé sur le chemin de la lumière
lorsqu'on emploie ces analogies il ne faut pas
tandis que dans les expériences d'optique on f
ment usage de milieux parfaitement limpides et
tous les corps se comportent par rapport aux rayo
des milieux troubles, car chacune de leurs mol
des rayons dans toutes les directions, souven
ment de longueur d'onde et de pouvoir pén

La nature des rayons découverts par
donc plus s'appeler mystérieuse. Lorsque v
provenant de l'anticatode de vos puissan

uccès pour pouvoir exposer et avoir l'Académie royale d'art; et l'un de ant exposé dans la Galerie nationale ie Tait). Pendant cette période, il des idées qu'il avait déjà esquissées istiques, au moyen d'une description s et des mœurs de *Erewhon* (« Nulle owhere » à l'envers): c'était une contrée vilisation, dans une vallée tout à fait de la chaîne des montagnes », en Nouanet maintenant que ce livre est une acée à côté des *Voyages de Gulliver,* de *istoire vraie* de Lucien. Butler s'y rapbiologique, il reconnaît aux machines les ateurs, et on y trouve même plus qu'une de *Vie et Habitude.* Ce livre d'*Erewhon,* nom d'auteur, dut une certaine popularité e; mais le succès véritable qu'il obtint de sans aucun doute à la froide réception qui ges suivants de Butler.

livre (*The Fair Haven* [*Le bon port*], 1873) imaginaire d'un homme qui, ayant perdu, sa foi dans le christianisme, l'avait retrouvée nce de la résurrection de Jésus-Christ; ce par des notes inédites sur ce sujet. Il parut r, et son caractère ironique fut apparent seuans une seconde édition, Butler y imprima en étant l'auteur ainsi que de *Erewhon.* La s'était ainsi assurée de « farceur » n'était pas r dans l'avenir les chercheurs et les travailgie à rechercher un enseignement réel dans du même auteur. Nous pouvons noter en *hon* paraît avoir (c'est le seul parmi ses livres) rs de la traduction (Hollandais, 1872; Alle-

itresse en biologie de Butler, *Life and Habit* *Essai d'après une vue plus complète de l'évo-* 1877, ses études ultérieures étant des travaux e controverse ou bien des développements du ine exposée dans *Vie et Habitude.* Nous deaidoyer chaleureux écrit par Butler pour faire

SAMUEL BUTLER
ET LES RÉCENTES THÉORIES BIOLOGIQUES
DE LA MÉMOIRE.

Le nom de Samuel Butler est l'un de ceux qui sont devenus de plus en plus familiers aux biologistes anglais de ces dernières années; c'est un nom inconnu à l'étranger, exception faite de citations par les écrivains anglais et une couple de citations faites par R. Semon dans son livre *Die Mneme.* C'est par suite de ces circonstances que les directeurs de « Scientia » m'ont demandé d'écrire pour cette revue un court résumé de son œuvre biologique par rapport aux théories modernes.

Samuel Butler a été peut-être l'esprit le plus versatile de la période victorienne, pendant laquelle sa vie s'est développée (1835-1902). Il reçut une bonne éducation dans une école publique et suivit les cours universitaires à Cambridge. La direction de ses études était surtout classique, selon notre ancienne tradition anglaise. Reçu bachelier, il commença à se préparer à la prêtrise dans l'église anglicane, mais bientôt il perdit la foi et, avec elle, sa vocation. Il partit faire l'élevage du mouton en Nouvelle-Zélande, avec un petit capital, qu'il doubla en quelques années; là-dessus, il vendit son entreprise et revint en Angleterre. Pendant son exil, il prit un vif intérêt à la controverse concernant la récente publication de Charles Darwin, *L'Origine des espèces,* et écrivit des lettres et des dialogues sur le même sujet pour le journal local, ce qui lui attira la colère des orthodoxes, qui n'avaient pas encore appris à considérer que l'évolution n'était pas nécessairement une dangereuse ennemie de la religion. A son retour, il fit de

la peinture avec assez de succès pour pouvoir exposer et avoir sa place aux cimaises de l'Académie royale d'art; et l'un de ses tableaux est maintenant exposé dans la Galerie nationale d'art britannique (Galerie Tait). Pendant cette période, il développa dans un livre des idées qu'il avait déjà esquissées dans ses essais journalistiques, au moyen d'une description imaginaire des coutumes et des mœurs de *Erewhon* (« Nulle part »; c'est le mot « Nowhere » à l'envers): c'était une contrée fantaisiste de haute civilisation, dans une vallée tout à fait inaccessible, « au delà de la chaîne des montagnes », en Nouvelle-Zélande. On admet maintenant que ce livre est une satire digne d'être placée à côté des *Voyages de Gulliver,* de Pantagruel ou de l'*Histoire vraie* de Lucien. Butler s'y rapproche de la théorie biologique, il reconnaît aux machines les qualités de leurs créateurs, et on y trouve même plus qu'une esquisse des thèses de *Vie et Habitude.* Ce livre d'*Erewhon,* publié en 1872 sans nom d'auteur, dut une certaine popularité à l'éclat de sa satire; mais le succès véritable qu'il obtint de ce côté-là contribua sans aucun doute à la froide réception qui accueillit les ouvrages suivants de Butler.

Son nouveau livre (*The Fair Haven* [*Le bon port*], 1873) était la biographie imaginaire d'un homme qui, ayant perdu, comme adolescent, sa foi dans le christianisme, l'avait retrouvée en suivant l'évidence de la résurrection de Jésus-Christ; ce livre se termine par des notes inédites sur ce sujet. Il parut sans nom d'auteur, et son caractère ironique fut apparent seulement quand, dans une seconde édition, Butler y imprima son nom comme en étant l'auteur ainsi que de *Erewhon.* La réputation qu'il s'était ainsi assurée de « farceur » n'était pas faite pour amener dans l'avenir les chercheurs et les travailleurs de la biologie à rechercher un enseignement réel dans les publications du même auteur. Nous pouvons noter en passant que *Erewhon* paraît avoir (c'est le seul parmi ses livres) joui des honneurs de la traduction (Hollandais, 1872; Allemand, 1879).

L'œuvre maîtresse en biologie de Butler, *Life and Habit* [*Vie et Habitude*], *Essai d'après une vue plus complète de l'évolution,* parut en 1877, ses études ultérieures étant des travaux principalement de controverse ou bien des développements du corps de la doctrine exposée dans *Vie et Habitude.* Nous devons ajouter le plaidoyer chaleureux écrit par Butler pour faire

reconnaître les précurseurs de Darwin, notamment Buffon, Érasme Darwin et Lamarck, plaidoyer renfermé dans son nouveau livre *Evolution, Old and New* [*Évolution, Vieux et Neuf*] (1879). Sur ces entrefaites, Butler se rendit compte que la principale thèse de *Vie et Habitude* avait été exposée par avance par le grand physiologiste Ewald Hering, dès 1870, dans son Discours pour la réunion anniversaire de l'Académie impériale des sciences de Vienne: *Die Gedächtniss als allgemeinen Funktion der organisirter Substanz.* Il apprit l'allemand pour lire Hering dans l'original, ce qui lui fournit l'occasion de faire un troisième volume, *Unconscious Memory* [*Mémoire inconsciente*] (1881), réédité en 1910 avec une introduction écrite par moi. Ce livre contient une masse de controverses, de nature littéraire et personnelle, et une discussion sur les rapports des idées de Butler avec celles de von Hartmann, sans compter beaucoup de passages traduits de ce dernier. Mais l'intérêt principal du livre réside dans le *Discours d'Hering* et les propres commentaires de Butler sur celui-ci. Ainsi que nous le verrons, Butler a considéré, dans son livre *Vie et Habitude,* la mémoire comme un fait terminal, et il s'est arrêté plutôt sur la façon dont ce fait arrive que sur le *mécanisme* actuel qui le supporte, tout à fait comme Semon l'a fait dans la dernière décade. Hering, en tant que physiologiste, avait suggéré une *explication* dans les termes d'une hypothèse de vibrations, qui paraît avoir frappé Butler, car, dans ses notes, ce dernier développe l'explication et l'étend en lui donnant une forme qui rappelle étroitement le travail présenté par Rignano dans sa *Centro-épigénèse.*

Le dernier livre de biologie de Butler fut *Luck or Cunning* [*Chance ou Finesse*], ou « Moyens principaux pour modifier l'organisme. Tentative pour ajouter une lumière supplémentaire à la théorie de Ch. Darwin sur la sélection naturelle ». Je cite mon introduction à *Mémoire inconsciente,* où je caractérise comme il suit *Chance ou Astuce:* « C'est surtout un livre de polémique à outrance.... Ce n'est pas la chance, mais la finesse, ce n'est pas l'extermination brutale au moyen de la sélection naturelle, mais l'effort intelligent dirigé par l'organisme, qui sont à la base de l'heureuse variété de la vie organique. De même, ce n'est pas un accident heureux de temps et de milieu, mais l'habileté machiavélique de Ch. Darwin qui a réussi à imposer, comme entièrement

sienne, au monde civilisé, une théorie matérielle et insuffisante de l'évolution par la chance, alors que les considérations mieux inspirées et plus suggestives des anciens évolutionnistes ont échoué par suite de leur peu de chance. Sur la question controversée, je dirai seulement que je ne partage pas sur tous les points le sentiment de Butler.... Butler sousévalue partout l'œuvre importante d'élimination accomplie par la sélection naturelle comprise dans son sens le plus large ».

La conclusion de *Chance ou Finesse* montre que Butler s'est fortement avancé du côté des idées monistes et fournit un développement encore plus marqué touchant l'hypothèse des vibrations dans la mémoire, hypothèse présentée par Hering et adoptée par Butler dans *Mémoire inconsciente* en l'associant, comme nous le verrons, à des spéculations sur l'origine des différences chimiques, liées aux conceptions de Newland et de Mendeléjeff.

Pour rendre ce compte-rendu complet, je mentionne l'Essai intitulé *Impasse dans le darwinisme*, réédité dans les *Essais sur la vie, l'art et la science*, posthumes (1904), et les fréquentes allusions faites sur ce sujet dans l'ouvrage posthume *Note-books of Samuel Butler* [*Les carnets de Samuel Butler*], arrangé et édité par H. Festing Jones.

La méthode de Butler était tout à fait à lui: on peut la caractériser comme un essai de synthèse et de critique spirituelle, elle-même les produits d'une brillante intelligence, dans un domaine tant soit peu étranger. Partout il craint de manquer la forêt en examinant les arbres au microscope: il s'était bien gardé de ne jamais en courir le risque. Pour lui, les erreurs de détail étaient bien plus odieuses que les erreurs d'appréciation, ou ce que les mathématiciens appellent des erreurs dans l'ordre de grandeur. Aussi écrit-il dans son éloquente péroraison, *Concluding Remarks,* les passages suivants: « Je suis convaincu qu'il se trouve dans ce livre beaucoup d'expressions qui manquent d'exactitude au point de vue de la science. J'ai pensé, cependant, que, dans un livre comme celui-ci, les mots qu'il aurait fallu ajouter pour satisfaire aux exigences de cette précision, si je m'y étais plié, ne valaient pas les frais du papier et de l'encre, ni la perte en largeur de mon exposition. D'autre part, je ne connais rien de la science, et je prie le lecteur de tenir compte de mon insuffisance: je ne connais pas et ne veux connaître plus de détails

qu'il n'en faut pour donner un aperçu assez large et assez étendu du sujet.

« Bien entendu, si j'étais un spécialiste écrivant un traité ou un manuel sur tel ou tel point de détail, j'admettrais que l'exactitude scientifique fût *de rigueur*. J'ai essayé de peindre un tableau plutôt que de tracer un diagramme, et je réclame le privilège du peintre: *Quidlibet audendi*. J'ai fait de mon mieux pour donner l'idée de mon sujet, mais, quand la lettre s'est trouvée en désaccord avec l'esprit, j'ai sacrifié la lettre sans remords.

« Ce qu'on appelle communément un sujet scientifique ne peut-il avoir une valeur artistique qu'il serait malheureux de négliger? Mais si un sujet peut être traité d'une façon artistique,.... alors on ne peut refuser à l'écrivain le privilège du peintre en matière de choix et d'omission.... Le savant, pas plus que l'artiste, ne peut fournir toute la vérité sans aucune erreur; chacun est forcé de sacrifier la vérité d'une façon ou d'une autre.... Ce n'est donc pas ce qu'un homme a dit, ni ce qu'il a peint sur sa toile avec des couleurs matérielles qui nous parle un langage vivant, mais c'est *ce qu'il a pensé pour nous* comme devant servir à guider notre opinion, ce qu'il nous a fait sentir comme le but qu'il pressentait en lui, et qu'il a voulu atteindre.

« Je suis sûr que, si j'avais failli sous d'autres rapports dans mon entreprise, des efforts supplémentaires vers l'exactitude scientifique n'auraient pas empêché mon insuccès; et comme ce succès-là est le seul vers lequel j'aspire, je laisse-là mes inexactitudes scientifiques, sans les corriger même quand je m'en aperçois. Tout de même je dirai que j'ai pris toutes les peines possibles pour tout ce qui me semblait toucher à l'essentiel de la discussion d'un côté, ou de l'exposition de l'autre ».

Malheureusement cette explication, venant ainsi tout à la fin du livre, était insuffisante pour influer sur l'esprit des biologistes qui ne faisaient que parcourir son étude, et les darwiniens de son époque lui en voulaient de ses persiflages, et ne pouvaient reconnaître dans *Vie et Habitude* la valeur d'une contribution précieuse à la théorie évolutionniste. Les vues semblables qu'Ewald Hering avait proposées avec tout le sérieux requis et qu'a adoptées Haeckel dans *Die Perigenese des Plastidule* (1870) trouvèrent en Angleterre des admirateurs et des disciples; mais exposées plus tard par Butler — *L'Homme dans le rue* — elles furent conspuées et repoussées.

Les enseignements de *Vie et Habitude* ont été résumés dans *Mémoire inconsciente* en quatre principes fondamentaux: 1. Unité de personnalité entre parent et postérité; 2. Mémoire, en ce qui touche la postérité, des actions qu'elle a faites naguère dans la personne de ses ancêtres; 3. Caractère latent de la mémoire, jusqu'à ce qu'elle ait été réveillée par l'arrivée d'idées associées; 4. Inconscience avec laquelle les actions habituelles arrivent à être accomplies. A ces quatre principes, nous en ajoutons un cinquième: le caractère motivé *(purposive)* des actions exécutées par les êtres vivants, de même que par des machines qu'ils auraient construites ou choisies. Dans les *Carnets* nous trouvons un exposé différent, avec des détails plus pratiques: « Il me semble, dit Butler, que les contributions que j'ai données à la théorie de l'hérédité ont principalement consisté en ce qui suit:

1. L'identification de l'hérédité et de la mémoire et *les corollaires nécessaires concernant les mutations, le retour à des ancêtres reculés, le phénomène de la veillesse, les causes de la stérilité chez les hybrides, et les principes sur lesquels repose la longévité....;*

2. L'invocation de la téléologie pour la vie organique, thèse qui nous semble à peine moins importante, en y réfléchissant, que la théorie de *Vie et Habitude.* Cette invocation s'est faite avec *Évolution, Vieux et Neuf* (1879); mais, en réalité, comme il a été plus haut noté, la téléologie est implicite dans *Vie et Habitude* ».

On verra dès lors que le livre, mis à part ces positions franchement téléologiques et vitalistes, couvre à peu près le même champ d'idées que le livre *Die Mneme* de Semon, même en ce qui touche les corollaires plus haut mentionnés. Nous voulons citer quelques passages des deux auteurs pour illustrer la méthode de Butler et pour la comparer à celle de Semon. C'est ainsi que Butler écrit sur la vieillesse et sur les croisements:

« Dès qu'un animal arrive à la période où il commence ordinairement à continuer la race, nous pourrons nous attendre à ce qu'il montre un pouvoir de développement réduit, ou, tout au moins, que les grands changements de structure, les traits nouveaux deviennent désormais rares. Car nous ne pouvons pas admettre que les descendants puissent partager la mémoire des expériences arrivées à leurs parents après qu'ils

s'en sont séparés. Aussi, à partir de l'âge moyen de la reproduction, la descendance ne posssède plus aucune nouvelle expérience sur laquelle elle puisse s'appuyer: elle est bornée à faire le meilleur emploi de ce qu'elle sait déjà, jusqu'au moment où la mémoire, tant personnelle qu'ancestrale, lui faisant défaut, l'organisme commence à déchoir. C'est bien à cette cause qu'on doit rapporter le phénomène de la vieillesse, dont je ne puis poursuivre les intéressants problèmes dans ce volume.

« Nous devrions nous attendre à ce que toutes les espèces, tant celles des plantes que celles des animaux, mettent un croisement occasionnellement à profit; mais nous devrions aussi nous attendre à ce qu'un croisement trop accusé tende à introduire un élément de trouble, parce que la descendance sera tiraillée par deux mémoires ou deux conseils en désaccord, tout comme si une quantité de personnes parlant en même temps, sans crier gare, conseillaient à un malheureux auteur de changer sa façon d'écrire ordinaire, — un groupe de gens lui disant qu'il avait toujours écrit jusqu'ici de telle ou telle manière, et un autre disant, avec autant de force, qu'il avait écrit autrement, — et que cet auteur était soudainement convaincu que l'un et l'autre groupe étaient dans le vrai. Dans un semblable cas, ou bien l'auteur échouera complètement, si le conseil est trop en opposition avec sa manière, ou bien, si ce conseil ne l'est pas trop, il sera cependant si épuisé par l'effort suprême tendant à fusionner ses expériences, qu'il ne sera plus capable d'écrire désormais, ou, enfin, si le conflit des conseils et de l'expérience n'est pas assez fort pour produire un effet aussi permanent que celui-là, il gâtera probablement son style dans plusieurs nouvelles occasions, grâce à son inhabileté à fondre les expériences diverses dans un tout harmonieux....

« Et ceci est absolument ce de fait que nous trouvons. M. Darwin écrit au sujet des hybrides et des premiers croisements: " L'élément mâle peut atteindre l'élément femelle, " mais il est incapable de produire un embryon qui se déve- " loppe, comme ce semble avoir été le cas pour quelques-unes " des expériences de Thuret sur les varechs. On ne peut donner " aucune explication de ces faits, pas plus que de celui que " certains arbres ne peuvent être greffés sur d'autres „. J'admets que ce que j'ai écrit plus haut fournit une très bonne explication, *prima facie*.

« M. Darwin continue: “ Enfin, un embryon peut se déve-
“ lopper et finir par périr dans la dernière période;.... dans “ la majorité des œufs fertilisés (croisements de Gallus), les “ embryons ont bien commencé à se développer, puis, alors, “ ont péri, ou bien ils sont venus à terme, mais les poussins “ ont été incapables de briser la coquille;.... pour cinq cents “ œufs, douze poussins seulement ont éclos „. — Que l'on ne s'étonne pas que les pauvres créatures soient mortes, bouleversées comme elles étaient par le tumulte intérieur des *mémoires* en conflit, et la Société pour la protection des animaux pourra sans doute penser qu'il lui incombe de jeter un coup d'œil jusque sur les embryons des hybrides et des premiers croisements » (pag. 175-176).

Butler poursuit: « La mémoire de chaque œuf fécondé dans la lignée d'où un mulet, par exemple, est sorti, s'est souvenue de la très lontaine période de temps, pendant laquelle ses ancêtres ont été des créatures pareilles à celle que cet œuf imprégné va sous peu devenir lui-même; ainsi un œuf fécondé qui est devenu le père du mulet ne s'est rien rappelé que les souvenirs du cheval;[1] mais il sent sa confiance en eux soutenue par le rappel d'un grand nombre de générations antérieures, dans lesquelles il était sous tous les rapports ce qu'il est maintenant. De la même manière, l'œuf fécondé dont est provenue la mère du mulet a dû être soutenu par l'assurance qu'il a fait des centaines de mille fois déjà ce qu'il va faire maintenant. Jusque-là, tout va sans ambages. D'un côté un cheval, de l'autre une ânesse. Ces deux animaux se rapprochent: un œuf fécondé est produit, qui éprouve un conflit inaccoutumé de mémoire entre les deux lignées de ses ancêtres; pourtant, ayant l'habitude de *certains* conflits, il parvient à surmonter la difficulté, car il se trouve lui-même, d'un côté comme de l'autre, soutenu par une très longue suite de mémoires suffisamment solides. Un mulet en résulte, — être si distinctement différent tant du cheval que de l'âne, que la reproduction est déroutée. Car la pauvre bête n'a sous ce rapport que sa connaissance personnelle; en arrière se

[1] Voilà un bon exemple de l'insouciance professée par Butler en matière d'inexactitudes *immatérielles*. La descendance d'un étalon et d'une ânesse, pour parler strictement, c'est un gênet ou hémione, et non un mulet: mais on pense naturellement au « cheval » avant l'« âne », au « père » avant la « mère », et mulet est le mot le plus commun, la bête la plus commune, et la distinction pédante ne ferait aucun changement dans le raisonnement.

trouve une faille, une dislocation de mémoire, assez grave pour ruiner l'identité et, par là, la reproduction; l'appel à la mémoire nécessaire est devenu trop difficile; aucune créature ne peut se reproduire elle-même sur la base étroite de la raison seule. Ordinairement, par suite, l'hybride, ou bien le spermatozoaire, ou l'œuf qu'il pourra produire (le cas peut se présenter) trouvera qu'une expérience particulière et unique est trop peu pour lui donner la confiance en soi nécessaire pour qu'il puisse lui-même tenter la reproduction. Dans d'autres cas, l'hybride lui-même n'a pas réussi à se développer; dans d'autres encore, l'hybride ou le premier croisement est à peu près fécond; dans d'autres, il est fécond, mais fournit une progéniture dégénérée. Le produit variera avec les capacités des créatures croisées et le résultat de la lutte qui a eu lieu entre les multiples expériences de celles-ci » (pag. 179-180).

« Les vues ci-dessus exposées devraient supprimer toutes les difficultés de la théorie de l'évolution, en tant qu'il s'agit de la stérilité des hybrides. Il semblerait en effet que cette stérilité n'a rien à faire avec les limites de l'espèces supposées immuables ou fixées, mais qu'elle provient simplement du même principe qui empêche les anciens amis, quelqu'ait pu être leur intimité dans leur jeunesse, de revenir à leur primitive intimité après un certain laps de temps, pendant lequel ils se sont trouvés soumis à des influences extrêmement différentes, de sorte qu'ils auront contracté chacun des habitudes nouvelles et qu'ils auront pris de nouvelles façons qu'ils tiendraient à ne pas changer » (p. 180).

Nous pouvons comparer avec beaucoup de profit à ces passages de Butler les extraits suivants tirés de *Die Mneme* (2.e éd., 1907, p. 329): « Dans ce cas (celui des organismes qui se reproduisent par la parthénogénèse), les fonds d'engrammes ne changent de génération en génération qu'au moyen de nouveaux engrammes acquis dans les générations successives, grâce à de nouveaux *stimuli*. Mais la multiplication des engrammes est d'un tout autre ordre, quand, à chaque génération, chaque individu provient de la combinaison de deux parents-individus, et ainsi, sauf dans le cas de proche parenté (« Insucht »), de la combinaison de deux séries différentes de générations. Car dans l'accouplement de deux individus en un état unicellulaire (conjugaison du Protiste, accouplement bisexuel des animaux et des plantes), il y a union complète

des fonds d'engrammes acquis par les deux gamètes. Naturellement, cette union ne consiste pas dans une fusion; nous avons déjà souvent noté que, dans l'acquisition de nouveaux engrammes par le même individu au moyen de *stimuli* nouveaux, il n'y a jamais fusion d'engrammes pareils, mais seulement l'association de ceux-ci, avec ecphorie homophone, côte à côte. De même, dans la syngamie, il y a seulement une association des engrammes pareils de la même catégorie, et ecphorie collatérale homophone des *stimuli* mnémoniques nouvellement associés, dans la mesure de la possibilité et tant que les alternatives ne ne sont pas produites. La justesse de cette conclusion est confirmée par les fonds accumulés de nos connaissances sur l'effet de l'union bisexuelle, de l'hybridisation, et de la greffe.

« Comme justement ces faits d'observation sont évidents, on ne peut d'autre part espérer de tenter une conception morphologique touchant l'union des matériaux engrammatiques des deux gamètes. Cela est évident de soi-même, quand nous pensons combien peu nous possédons de notion sur le processus de stimulation et sur l'engramme qui en résulte, en comparaison de celle que les physiciens ont élaborée sur les changements matériels survenus dans le fil téléphonique durant la transmission de la parole, ou dans le fer quand il est magnétisé. Aussi longtemps que nous n'aurons aucune espèce de notion des changements matériels survenus dans la substance organique pendant la stimulation et les traces qu'ils y laissent sous forme d'engramme, il me semble une absurdité de tenter une représentation morphologique de l'union en syngamie de deux fonds d'engrammes. En tout cas, je ne considère pas que cela fasse partie de ma tâche actuelle ».

« En nous basant sur un grand nombre de faits d'observation, nous avons trouvé la conception que les divers engrammes hérités ne sont pas distribués à travers les différentes parties de l'organisme comme dans un magasin, mais qu'ils sont partout présents dans des domaines que, dans leur extension *minima,* nous appelons « protomères mnémiques », et que les engrammes acquis par l'individu n'ont pas ainsi une localisation exclusive, mais graduelle. En admettant cette conception, nous pourrons ainsi exprimer l'union des fonds d'engrammes venus des deux gamètes après accouplement; chaque protomère de zygote possède le fonds d'engrammes

complet de chaque gamète. Que ce résultat soit immédiat ou qu'il apparaisse bientôt après l'union, ou bien qu'il exige un temps plus considérable pour être accompli, cela, c'est une autre question, dont nous remettons la résolution à l'avenir.

« Il est maintenant clair que, grâce au rapprochement des fonds des engrammes en syngamie des deux séries de générations, le nombre des engrammes, ainsi que le nombre des dichotomies alternatives, sera plus grand dans le zygote que dans chacun des gamètes, et, en outre, il sera plus grand d'autant plus que les fonds d'engrammes des deux séries des générations respectives de gamètes diffèrent les unes des autres. Dans les unions consanguines, l'accroissement des engrammes dans ce sens sera très petit, et il augmentera avec le degré de l'exogamie. Dans l'hybridisation, l'union d'organismes qui appartiennent aux séries de générations avec des fonds d'engrammes nettement différents, l'accroissement par accouplement atteindront le maximum, et il viendra un degré de différence parmi les fonds d'engrammes accumulés des deux séries de générations antérieures, où la syngamie déterminera une telle abondance de dichotomies, que le développement coordonné du zygote n'est plus possible. Cela pourra se manifester dans la mort des hybrides entre parents très éloignés durant le cours de leur développement; ou encore, même si le produit individuel est viable, dans le fait qu'il n'atteint pas cette plénitude de développement, qui se révèle dans la production de germes viables (stérilité des hybrides) ».

C'est là sûrement du Butler: « Nur mit ein Bischen andern Wörter ». On ne doit pas supposer un instant que je conteste l'originalité de la brillante analyse faite par Semon, à laquelle j'attache d'ailleurs la plus haute valeur; mais la concordance de sa pensée avec celle de Butler est sur ce point absolue, et il en est ainsi pour la plus grande partie de *Die Mneme.*

Avant d'abandonner *Vie et Habitude*, nous devons noter, comme Bateson l'a fait remarquer,[1] qu'on y trouve la formulation très explicite, pour ainsi dire, de la doctrine de la continuité du plasma germinatif: « Chaque œuf fécondé devrait être considéré non comme provenant de ses ancêtres, mais bien comme étant la continuation de la personnalité de chaque œuf

[1] *Heredity and Variation in modern Lights*, dans *Darwin and Modern Science*, édité par A. C. Seward. 1909.

[c'est-à-dire de chaque œuf fécondé] dans la lignée de ses ascendants, laquelle chaque œuf *est actuellement,* tout à fait comme la quatre-vingtième génération *est* le même être identique que l'œuf dont elle provient. Ce processus [d'identité perpétuée] ne peut s'arrêter qu'à la cellule primordiale, laquelle n'est qu'une station d'arrêt passagère. Nous démontrons ainsi que chacun de nous *est forcément* la cellule primordiale actuelle, qui n'est jamais morte et qui ne meurt pas, mais qui s'est différenciée elle-même dans la vie du monde, tous les êtres vivants étant uns en eux-mêmes en même temps que membres les uns des autres ».

La traduction du Discours de Hering forme le noyau autour duquel est organisé le troisième livre de Butler. Nous pouvons mieux éclairer ceci en citant un passage du quatrième chapitre de ce livre (« Introduction au Discours du professeur Hering »), *Mémoire inconsciente* (1880).[1]

« Le professeur Hering et moi, pour lui emprunter une métaphore, nous sommes comme des hommes qui ont observé l'action des êtres vivants sur la scène cosmique, lui, du point de vue à la fois d'un spectateur et d'une personne qui a un libre accès à la plupart des choses qui se passent derrière la scène, moi, du point de vue d'un spectateur seulement, en possédant tout au plus la plus vague intelligence de la mécanique du théâtre. Si deux hommes ainsi placés, après des années de réflexion, arrivent, indépendamment l'un de l'autre, à une conclusion identique sur la façon selon laquelle cette mécanique a dû être inventée et perfectionnée, il est naturel que chacun prenne un profond intérêt aux raisonnements de l'autre et qu'il tienne à les présenter sous la meilleure lumière.

« Sur l'identité essentielle de la principale idée avancée dans *Vie et Habitude* avec celle du Discours du professeur Hering, on ne peut guère avoir, je pense, deux sentiments. Chacun de nous deux maintient que nous faisons pousser nos membres tels qu'ils poussent et que nous possédons les instincts que nous possédons, parce que nous nous rappelons d'avoir fait pousser nos membres de cette façon et d'avoir eu ces instincts dans les générations passées, quand nous existions dans la personne de nos ancêtres, — chaque vie individuelle ajoutant une petite somme (mais si petite, dans la vie d'une personne,

[1] Réimprimé avec annotation par R. A. Streatfeild, introduction par Marcus Hartog, 1910.

qu'on peut difficilement l'évaluer) d'expériences nouvelles au fonds général de la mémoire; que nous sommes ainsi parvenus à certaines habitudes que nous pouvons maintenant rarement briser; et que nous faisons beaucoup des choses que nous faisons inconsciemment d'après ce même principe (quelqu'il soit), d'après lequel nous accomplissons tous les autres actes habituels, avec une facilité et une inconscience d'autant plus grandes que nous les répétons plus souvent.

« Néanmoins, chacun de nous a laissé de côté sans les traiter quelques points que l'autre a abordés. Le professeur Hering, par exemple, entre dans la question de savoir ce qu'est la mémoire, et pour ma part je ne me suis pas aventuré à le faire. Je me suis borné à dire: ce que la mémoire est, l'hérédité l'est aussi. Le professeur Hering ajoute que la mémoire est due aux vibrations des molécules des fibres nerveuses, qui, dans certaines circonstances, se représentent de nouveau et causent par là un effet correspondant d'action visible.

« Il donne à entendre, bien que, dans le court espace à sa disposition, il l'ait à peine proposé en termes exprès, que l'identité personnelle, telle que nous l'entendons communément, — c'est-à-dire en tant que limitée à la vie particulière de l'individu, — consiste dans la continuité d'un nombre suffisant de vibrations, qui ont été communiquées de molécule en molécule à travers les fibres nerveuses, et qui persisteront chacune à communiquer leur caractéristique particulière aux éléments que nous introduisons dans le corps par la voie de la nutrition.

« S'il en est ainsi, — mais je dois avertir le lecteur que le professeur Hering n'est pas responsable de cette suggestion, bien qu'il paraisse ressortir si naturellement de ce qu'il a dit que j'imagine qu'il avait l'intention d'en tirer la conclusion, — s'il en est ainsi, l'assimilation n'est pas autre chose que le fait de la communication par la substance assimilante de ses propres rythmes à la substance assimilée, de façon à effacer les vibrations ou les rythmes qui y existaient naguère; la convenance d'une nourriture donnée dépendra du fait que les rythmes de la substance mangée sont tels qu'ils pénètrent harmonieusement dans le corps du mangeur pour s'y accorder avec ceux du corps, ou bien de leur refus de s'y accorder avec les nouveaux rythmes avec lesquels ils se trouveront associés, de leur obstination à suivre leur propre cours. Dans

ce dernier cas, ou bien ils seront aussitôt chassés du corps, ou bien ils bouleverseront les arrangements de celui-ci, peut-être avec des conséquences fatales. Il en vient ainsi à la conclusion, à laquelle je suis arrivé dans *Vie et Habitude* que l'assimilation n'est pas autre chose que l'imprégnation d'une chose par les souvenirs d'une autre.

« On se rappelera, — continue Butler, — que la question de savoir si la mémoire est due à la persistance dans le corps de certaines vibrations, qui se sont déjà produites dans le corps des ancêtres, qu'il en soit ainsi ou non, n'affectera pas la position prise dans *Vie et Habitude.* Je n'endosse pas la responsabilité de la théorie des vibrations dans la mémoire, quoique je penche à l'accepter à première vue. Tout ce que j'admets sans réserve, c'est que, si la mémoire est due à la persistance des vibrations, il en est de même pour l'hérédité, et si la mémoire ne leur est pas due, il n'en est pas davantage pour l'hérédité ». Dans des notes qui accompagnent et commentent la traduction du Discours, qui occupe le chapitre suivant, malgré ces désaveux de l'hypothèse des vibrations pour la mémoire, Butler s'efforce constamment de l'éclaircir et de la développer. Dans son livre final sur la matière, *Chance ou Finesse* (1887), il va beaucoup plus loin:

« Différents modes de mouvement ont été depuis longtemps connus comme étant les causes de nos perceptions de la couleur, ou comme étant en tout cas associés avec elles, et depuis ces dernières années, plus particulièrament depuis la publication de la loi de Newland (parfois appelée loi de Mendeléjeff), on a compris que ce que nous appelons les genres ou les propriétés de la matière n'est pas moins conditionné par le mouvement que ne le sont les couleurs. L'opinion scientifique tend depuis quelque temps à croire que ce que nous appelons les différents états ou genres de la matière, ce n'est que la manière de caractériser et d'enregistrer dans notre esprit nos appréciations des différents genres de mouvement établis sur ce substratum.

« Notre conception, dès lors, touchant la nature de n'importe quelle matière dépend uniquement du genre et du degré de son agitation, c'est-à-dire des caractéristiques des vibrations qui se produisent en elle. L'objet extérieur qui vibre dans un certain sens renvoit certaines de ses vibrations vers notre cerveau, — mais si l'état de la chose elle-même dépend

de ses vibrations, il [c'est-à-dire l'objet] doit être considéré sous tous les rapports comme les vibrations elles-mêmes, addition faite, naturellement, de la substance-même qui vibre. En communiquant ces vibrations à notre cerveau, par conséquent, une substance communique actuellement ce qui est pour nous une part d'elle-même. La perception que nous avons d'une chose et la sensation qui s'y rattache sont des symboles de l'introduction dans notre cerveau de la chose elle-même. Notre souvenir de cette chose est occasionné par la faible persistance de ce faible état dans nos cerveaux, état devenant moins fiable grâce à l'arrivée du dehors de vibrations semblables aux premières.

« Ce point de vue une fois accepté, la mémoire que nous avons d'une chose est désormais la conservation dans notre cerveau d'un petit levain de la chose actuelle, ou de ce qu'est pour nous la chose qui est rappelée; et la facilité avec laquelle on vient à accomplir les actes habituels est due à ce pouvoir des vibrations, augmenté et modifié par des apports continuels du dehors, jusqu'à ce qu'elles modifient les troubles moléculaires du système nerveux, et, par ainsi, sa substance matérielle. Les mêmes vibrations forment donc la substance rappelée, en introduisent une dose infinitésimale dans le cerveau, modifient la substance qui se rappelle, et, dans la suite du temps, vont jusqu'à créer et à modifier le mécanisme des nerfs tant sensoriels que moteurs. La pensée et la chose sont donc unes » (*Chance ou Finesse,* p. 309).

Nous ne discuterons pas de ces identifications poétiques; mais on voit bien que cette idée de la réponse à la stimulation par les vibrations identiques en espèce avec celles qui ont été déjà reçues se rapproche de la théorie de Rignano, qui envisage la mémoire comme une « accumulation spécifique ». Il n'y a pourtant dans Butler aucune allusion au centre de formation épigénétique.

Une étude des écrits biologiques de Butler, étude qui nous révèlera un maître de style, montrera comment cet *Homme dans la rue* a popularisé l'enseignement de Hering avant que l'existence de celui-ci eût été connue, a précédé Semon dans la comparaison de la mémoire avec l'hérédité, et, partant d'une petite suggestion de Hering, a tracé le plan d'une explication physique de la mémoire en se servant du terme de vibrations, explication qui était destinée après sa mort à être plus com-

plètement élaborée par Rignano, dont le livre remarquable *Sur la transmission des caractères acquis* (Édition anglaise, 1911) est si bien connu des biologistes qui lisent « Scientia » et que je me contenterai d'indiquer ici.[1]

Mais le principal mérite de Butler ne consiste pas dans le fait d'avoir formulé des théories et des explications de faits scientifiques; elle consiste dans celui d'avoir donné un corps à la leçon que le *Profane* a droit de témoin devant la cour de la science, et d'avoir montré que nous ferons bien de temps en temps de détourner notre attention du laboratoire et de la bibliothèque des spécialistes de la science, pour écouter le message du laïque éclairé. Ainsi un jeune biologiste remarquait en lisant pour la première fois *Vie et Habitude :* « Le livre fut pour moi une transformation et une inspiration ». Comme j'ai écrit ailleurs (*Problèmes de la vie et de la reproduction,* 1913, p. 282), « Des livres savants ne peuvent jamais produire un pareil effet; ils ne pénètrent pas dans le cœur de l'homme; ils ne peuvent apporter la conviction à l'intellect déjà rempli de théories en concurrence et de la foi irraisonnée que, demain ou le jour suivant, quelque nouvelle découverte effacera toute distinction entre l'homme et ses créations. L'esprit doit être ouvert pour recevoir la vérité, pour repousser le préjugé; et dans l'avenir comme dans le passé, on aura besoin de la violence d'un Samuel Butler pour briser la cotte de mailles forgée par une éducation trop exclusivement professionnelle ».

Cork, University.

MARCUS HARTOG

[1] Butler a aussi entrevu dès 1879 le principe des « mutations » dans un article paru dans l'« Examiner » (Revue hebdomadaire) et réédité dans le livre posthume *God the Known and God the Unknown:* « Dans ces circonstances, l'organisme est entre deux voies: il peut subir des changements lents et continus, ou bien il peut remettre au dernier moment cette réaction à l'entourage, pour faire des changements très larges.... On peut se demander si ce qu'on appelle un sport [mutation] n'est pas l'expression organique d'un mécontentement, qui s'est fait sentir depuis longtemps, mais auquel l'organisme n'a pas remédié par de légères modifications en temps et lieu : de sorte que le changement différé prend la forme de révolution » (p. 14, 15).

(Traduit par M. Georges Bourgin - Paris).

ASPERGES FILIPPO - *responsabile.*

MILANO - TIPO-LIT. REBESCHINI DI TURATI E C.

SUPPLÉMENT

TRADUCTIONS FRANÇAISES DES ARTICLES ALLEMANDS, ANGLAIS ET ITALIENS

(Chaque traduction a été revisée par l'Auteur).

LA LOI DE NATURE
DANS L'ÉVOLUTION CÉLESTE

I. L'étude des amas conduit à la loi fondamentale de l'Évolution Sidérale.

Dans la vie quotidienne, c'est très souvent l'inattendu qui se produit. Il en a été de même récemment dans l'étude de l'évolution céleste. On a considéré longtemps les amas d'étoiles comme étant d'un mécanisme si complexe, que nul n'osait penser y trouver le moyen le plus indiqué de se procurer un aperçu de la loi générale de l'évolution cosmique.

Il en est pourtant ainsi, et le résultat s'impose à un point tel que l'on s'étonne que les chercheurs antérieurs aient pu envisager le problème à un point de vue différent.

Quelque étrange que cela paraisse, c'est par l'étude des systèmes les plus complexes que nous avons découvert une grande loi de la nature, et après avoir compris le secret de leur formation, nous avons généralisé la loi déduite de l'étude des amas par l'examen de systèmes sidéraux d'un ordre moins élevé. Nous avons établi de la sorte, une loi absolument générale de l'univers sidéral, applicable à tous les types de systèmes célestes connus, à commencer par le système solaire, en passant par les étoiles doubles ou multiples, jusqu'aux amas globulaires tels que les systèmes sidéraux de l'ordre le plus élevé, souvent composé de milliers d'étoiles. Cette déduction de la grande loi d'évolution cosmique de la nature mérite l'attention de ceux qui s'intéressent à la science synthétique, non seulement à cause des faits mis en lumière, mais à cause du

jour nouveau ainsi jeté sur les méthodes scientifiques. Il est à peine nécessaire de dire que tant que nos prémisses cosmogoniques se trouvaient fausses, nos efforts restaient aussi inutiles que la recherche du sac d'or au bout de l'arc-en-ciel. Et pourtant, beaucoup d'astronomes et de mathématiciens du siècle passé ont donné cet effort inutile, le résultat étant l'impossibilité d'établir une véritable Science cosmogonique, jusqu'à ces dernières années.

La révolution d'opinion résultant de la correction de ces fausses prémisses qui ont longtemps induit en erreur des savants éminents, comme Laplace, Sir John Herschel, Lord Kelvin, Newcomb, Sir George Darwin et Poincaré, est assez remarquable pour mériter l'attention du profane curieux, aussi bien que celle des professionnels de la science.

Comme les prémisses faibles invalident le raisonnement basé sur elles, la première condition du progrès scientifique véritable consiste à établir des prémisses ayant une base inébranlable.

Dans les sciences physiques, c'est là la partie la plus difficile du travail, car on ne connaît pas à l'avance les lois de la nature, et les découvertes dans l'univers scientifique consistent avant tout dans une recherche de prémisses correctes. Beaucoup de savants n'ayant pas apporté sur ce point tout le soin voulu, on rencontre nombre d'échecs dans l'histoire des sciences physiques, en dépit des efforts de beaucoup d'hommes éminents.

II. Les vues d'Herschel auraient dû être préférées à celles de Laplace.

Sir William Herschel fut le premier à prêter une sérieuse attention à l'origine des amas. Cet homme extraordinaire ne se contenta pas de construire des télescopes géants pour explorer le ciel; il ajouta à ses découvertes les remarques les plus ingénieuses sur l'origine des différents types de systèmes sidéraux et plus spécialement sur le développement des amas et des nébuleuses. Les idées d'Herschel sur l'évolution céleste sont développées dans une série de mémoires publiés dans les « Philosophical Transactions » de la Royal Society, de 1784 à 1818, mais elles sont restées presque inconnues au lecteur moderne, car on les a pendant longtemps négligées.

L'historien futur sera surpris de ce fait remarquable que les savants modernes aient adopté pendant si longtemps l'hypothèse erronée de Laplace sur les nébuleuses, laissant dans l'oubli pendant plus d'un siècle, les idées plus rationnelles d'Herschel. Ceci est dû, en partie, à ce que les travaux de Laplace parurent sous forme de traités accessibles, tandis que ceux d'Herschel parurent sous forme de mémoires dispersés dans les « Philosophical Transactions », peu lus, où sans doute nul ne les étudia jusqu'au moment où l'auteur de ces lignes les examina en 1909, au moment de terminer le second volume de ses *Researches on the Evolution of the Stellar Systems,* 1910.

Je trouvai ces mémoires oubliés si importants pour le développement moderne de l'évolution céleste, qu'avec l'aide généreuse de feu Sir William Huggins, j'organisai un mouvement en Angleterre pour la réédition des *Collected Works* d'Herschel, qui ont paru en 1912. Ce renouveau des théories d'Herschel a une importance que nul ne contestera, car il est le plus grand des astronomes modernes, et personne ne l'égalera, en ce qui concerne l'univers sidéral dans son ensemble.

III. **Idées de Herschel sur l'origine des amas.**

En ce qui concerne l'origine des amas globulaires, Herschel a prouvé il y a longtemps que ces masses d'étoiles ont la forme sphérique véritable (« Phil. Trans. », 1789, p. 217). Il conclut que leur forme symétrique était le résultat de l'action séculaire de forces centrales qu'il considérait comme identiques à la gravitation universelle (« Phil. Trans. », 1789, p. 219). Herschel compare les formes des nébuleuses rondes et des amas d'étoiles à celle des planètes comme la Terre, Jupiter, Saturne, Uranus, Mercure, Vénus et Mars, et conclut que ces masses doivent leur forme sphérique à la même cause. Il ajoute qu'il est difficile de ne pas croire que la formation des amas d'étoiles, comme des nébuleuses, est dûe à l'action continue de forces centrales. L'argument de Herschel est assez long (« Phil. Trans. », 1789, p. 220-226) et, d'un bout à l'autre, très intéressant.

Il ajoute: « Étant donné que presque tous les amas d'étoiles et nébuleuses que j'ai étudiés (au nombre de 2300) sont plus condensés et brillants au milieu; et puisque, pour chaque forme, il est également certain que l'accumulation centrale ou l'éclat

doit être le résultat de forces centrales, nous pouvons affirmer que cette théorie n'est plus une hypothèse sans fondement, mais se trouve établie sur une base inébranlable ».

Par l'application de la théorie de la projection à la forme sphérique de l'amas et aux couches concentriques similaires dont il est formé, Herschel prouve que la forme est vraiment globulaire. Il observe qu'étant donné le désaccord entre l'éclat plus grand observé vers le centre et l'éclat que donnerait une dispersion uniforme, il doit y avoir une plus grande accumulation d'étoiles vers le centre, mais la densité doit être uniforme dans n'importe laquelle des enveloppes sphériques concentriques dont se compose l'amas.

Sous forme allégorique Herschel décrit le flux des étoiles se dirigeant vers ces centres d'attraction, les étoiles se groupant autour de celles qui sont déjà assemblées, quelques-unes en rejetant d'autres de côté, comme pour les obliger à prendre une position latérale, mais toutes luttant pour trouver place dans la masse centrale, et engendrant une figure sphérique (« Phil. Trans. », 1789, p. 222).

Il remarque que la cause à laquelle est dû le modèle des systèmes sidéraux est partout la même, mais que les effets produits sont tels qu'ils donnent une grande variété à l'apparence des amas. Tels semblent considérables, et tels autres réduits, ce qui peut être attribué surtout aux différentes distances auxquelles sont placées ces masses d'étoiles. Il croit que certains amas peuvent être plus ou moins condensés, d'autres, composés d'étoiles plus grandes, mais les variations ainsi observées dans les cieux ne sont pas plus grandes que les variations présentées par différents individus d'une même espèce, sur la terre.

IV. **La méthode d'Herschel pour la détermination de l'âge d'un amas.**

« Examinons maintenant la force qui transforme les différents groupes d'étoiles en amas sphériques. Toute force, agissant sans interruption, doit produire des effets proportionnels au temps de son action. Comme il a été démontré que la forme sphérique d'un amas est due à des forces centrales, il s'ensuit que les amas qui, *ceteris paribus,* se rapprochent le plus de cette forme, ont dû être le plus longtemps

exposés à l'action de ces causes. Il y a différentes manières d'envisager la question.

Supposons que 5000 étoiles se soient trouvées éparpillées en une certaine situation, et 5000 autres étoiles égales de même; il faut admettre que celui des deux amas qui aura été exposé le plus longtemps à l'action de la force modelante, sera plus condensé et plus près de sa forme parfaite. Il suit de là évidemment que nous pourrons juger de l'âge relatif, de la maturité ou de l'apogée d'un système sidéral, par la disposition de ses parties composantes. La même conclusion s'imposera pour les nébuleuses, le degré de leur éclat correspondant à la différence dans l'accumulation des étoiles dans les amas. Mais il ne faut pas conclure de ce qui a été dit, que tous les amas sphériques sont sur un pied d'égalité, en ce qui concerne la durée absolue, car l'amas composé de milliers d'étoiles seulement, doit atteindre la perfection de sa forme plutôt que tel autre, qui en renferme un million. La jeunesse et la vieillesse sont des expressions comparatives. On considérera comme jeune un chêne d'un certain âge, alors que l'abrisseau de même âge sera, lui, sur son déclin. La manière d'apprécier la condition d'un système sidéral peut être basée sur le caractère exposé à page 218 (sur l'accumulation plus grande vers le centre). De sorte qu'un amas ou une nébuleuse qui se trouve très graduellement plus dense et plus brillant vers le centre, peut avoir atteint la perfection de sa croissance, tandis qu'une nébuleuse qui se trouve dans la condition indiquée par une compression plus égale, comme les nébuleuses que j'ai appelées planétaires, peut être considérée comme très âgée et voisine d'une période de changement ou de dissolution.

« Ceci a déjà été admis quand, dans un mémoire antérieur, j'ai considéré le degré extraordinaire de compression qui doit exister dans une nébuleuse pour lui donner l'aspect planétaire; mais l'argument qui est tiré maintenant des forces qui ont réuni les étoiles auparavant éparses sous les formes qu'elles ont prises, doit considérablement confirmer ce sentiment » (W. Herschel, « Phil. Trans. », 1789, p. 224-5).

V. La théorie Herschel-See de la capture des étoiles grâce à la faculté de la gravitation universelle de former des amas.

De la *Théorie dynamique des amas globulaires* de l'auteur, développée récemment dans les « Proceedings of the American Philosophical Society » de Philadelphie, il semblerait résulter qu'Herschel avait raison de croire qu'un amas peut être comprimé au point de se fondre, pour produire une seule étoile géante du type de Canopus. Ces extrêmes condensations peuvent amener la dissolution de l'amas et conduire à ce qu'Herschel appelle un *laboratoire* de l'univers « où les plus salutaires remèdes à la décrépitude de l'ensemble sont préparés » (« Phil. Trans. », 1785, p. 217). Le remède de la nature semble consister en une conflagration et une dispersion de la poussière dissoute sous l'action de forces de répulsion, pour former de nouvelles nébuleuses dans des régions éloignées de l'univers, de sorte que la formation d'amas et de nébuleuses peut recommencer.

Après cette explication générale de la théorie d'Herschel sur le processus de rassemblement des différents soleils dont sont constitués les amas, il nous reste à décrire en plus grand détail la constitution des amas. Dans la *Théorie dynamique des amas globulaires* je compare les amas à un globe de gaz monoatomique en équilibre convectif; comparaison basée sur les travaux de M. H. C. Plummer dans les « Monthly Notices of the Royal Astronomical Society » de Mars 1911, et sur mes recherches sur la constitution physique et la rigidité chez les corps célestes (« Astron. Nachr. », n. 4053 et 4104).

Voici les différents points qui résultent de la comparaison entre les amas et le globe de gaz monoatomique, en équilibre convectif:

1. La densité de l'amas est plus grande vers sa limite, puisqu'il n'existe pas de limite définie à la masse d'étoiles.

2. La densité de l'amas semble aussi relativement plus grande près du centre.

3. La densité apparente des étoiles dans un amas étant considérable, et les images quelque peu étalées sur le cliché, il est possible qu'une pose plus longue ou des plaques meilleures, où les images ne diffuseraient pas, donneraient relati-

vement plus d'étoiles dans la région du milieu du rayon de l'amas et mettraient ainsi d'accord la loi de densité des amas avec la loi monoatomique de densité.

Mais il reste presque certain que le phénomène de capture des étoiles du déhors se continue. Ceci expliquerait la densité réduite sur les bords de l'amas et la densité centrale plus grande, cette dernière étant un effet de l'accumulation des diverses enveloppes au cours de millions d'années.

VI. Le phénomène de la capture produit aussi l'arrangement de la structure interne d'une nébuleuse en couches concentriques d'éclat uniforme.

Nous avons expliqué l'origine des amas par le phénomène de formation à distance et le rapprochement subséquent de corps créés séparément. Il reste à examiner l'origine des nébuleuses, qui possèdent, comme les amas, une densité plus grande vers le centre et se sont développés évidemment de la même façon.

Herschel remarque que parmi les milliers de nébuleuses observées par lui, il n'y avait pas une seule nébuleuse irrégulière, elliptique, planétaire, ronde ou globulaire, qui ne présentât en son centre un éclat plus grand. Les nébuleuses annulaires seules formaient une exception à la règle, mais elles sont si rares, qu'il est presque inutile de les mentionner; on n'en connaît que très peu de ce type. De plus, l'auteur a prouvé que les nébuleuses annulaires sont un cas spécial de la nébuleuse en spirale, qui obéit à la loi d'Herschel d'éclat plus grand au centre.

Ceci étant considéré comme un fait d'observation générale acquis, que les nébuleuses ont plus d'éclat vers le centre, Herschel en déduisit avec raison, que cette accumulation centrale plus grande ne pouvait résulter que de l'action continue de forces centrales, comme la gravitation universelle. Il en conclut donc que l'excès de matière réuni dans les parties centrales de ces masses lumineuses avait été accumulé par l'action séculaire de forces centrales. Mais comment ces dernières ont-elles produit cet effet? Herschel ne répondit à cette question que par une analogie possible avec les tendances globulaires que l'on peut remarquer chez les gouttes de rosée,

et dans la forme arrondie des planètes sous l'attraction de la gravitation. Cette tendance suffirait en effet à expliquer la forme extérieure arrondie observée chez les masses célestes, mais elle n'explique rien de la remarquable formation de la masse en couches successives, chacune de densité uniforme, avec densité maxima au centre.

Toutefois, au temps d'Herschel, on considérait les nébuleuses comme des masses fluides, en équilibre hydrostatique, et dans cette hypothèse, la disposition centrale se trouvait être en accord avec les recherches des mathématiciens et les formes d'équilibre de la Terre et des autres planètes. — C'est seulement après les récents travaux cosmogoniques de l'auteur, datant de 1908, que l'on sut que les nébuleuses sont des masses discontinues de poussière cosmique, absolument libérées de pression hydrostatique. Le fait, nouvellement découvert, que les planètes se sont formées à une grande distance du Soleil, montrait que la nébuleuse solaire, elle aussi, était considérable à l'origine, et ceci s'accordait bien avec la transparence de nombreuses nébuleuses, et prouvait aussi que les conditions de pression et d'équilibre de fluide n'existent dans aucune de ces masses. Il devint donc nécessaire de fournir l'explication de l'accumulation centrale de densité par des principes *dynamiques* au lieu d'*hydrostatiques*.

Celle-ci fut donnée dans la *Dynamical Theory of the Globular Clusters*, 1912. Il convient ici de rappeler que les nébuleuses sont composées de parcelles de poussière, dont chacune poursuit sa propre orbite; il est donc évident que ces parcelles se conduisent dans ce nuage discontinu exactement comme des étoiles séparées dans un amas.

Si donc nous pouvions trouver une explication dynamique adéquate de la genèse d'un amas, par le rassemblement d'étoiles individuelles, à l'origine plus distantes et séparées, et démontrer ainsi comment les étoiles entrant dans une telle masse sont capturées, leurs oscillations vers l'extérieur étant amorties et leurs mouvements ramenés au niveau exact de celui de telle ou telle couche d'étoiles, il est évident qu'une explication dynamique similaire pourrait aussi s'appliquer aux nébuleuses.

Il est bien connu que les nébuleuses ont une disposition interne d'éclat et probablement de densité similaire à celle des amas globulaires. Les nébuleuses symétriques sont formées

de couches concentriques d'un éclat uniforme, et il est évident que cette disposition centrale en couches d'une densité uniforme résulte du processus qui a joué un rôle aussi dans la formation des amas globulaires d'étoiles. — Toute la force de l'analogie vient à l'appui de cette conclusion relative aux amas et nébuleuses soumis à des conditions pratiquement identiques. Il n'existe que cette différence que chez les nébuleuses il y a une lumière trouble, continue, qui est dûe à la luminosité de parcelles repandues à travers la masse.

VII. **La lumière des nébuleuses due en partie à la luminescence à basse température, comme dans les décharges électriques dans le vide.**

On ne sait encore ce qui maintient cette luminescence. Elle semble due à des décharges électriques analogues à celles des tubes de Geissler dans le vide très élevé, l'énergie se trouvant produite en partie par la collision entre masses et en partie par l'énergie moléculaire et atomique inhérente à la matière. Dans les collisions entre petites masses, il se développe assez d'énergie pour produire de vives étincelles et une fusion partielle, d'où la mise en jeu des forces moléculaires latentes, et des parcelles ainsi libérées ne pouvant être retenues par l'attraction gravitationnelle de si petites masses, les parties luminescentes se trouvent diffusées à travers toute la nébuleuse. On reconnaît au spectroscope la lumière de l'hydrogène, du nébulium et d'autres éléments libres; mais la plupart des éléments d'une nébuleuse sont évidemment non-lumineux, et n'indiquent leur présence par aucun signe.

L'opinion traditionnelle datant de Laplace était que dans sa condition primordiale la matière était à température très élevée. On a reconnu dans ces dernières années, que la température des nébuleuses, loin d'être élevée, se rapproche du zéro absolu, excepté dans les noyaux denses, où se forment les étoiles. Les vibrations de quelques éléments lumineux ne donnent donc pas d'indications sur le nombre des éléments non-lumineux présents. — Le spectroscope ne nous dit donc qu'une partie de l'histoire de la constitution des nébuleuses, et les idées qu'ont eues à ce sujet les astrophysiciens n'ont donné aucun résultat, et ont même été cause de beaucoup d'erreurs.

Voici pourquoi les nébuleuses ne peuvent avoir une température élevée:

1. Si elles avaient une température élevée, leur état de raréfaction et leur transparence sont telles qu'elles perdraient toute leur chaleur par radiation, et cesseraient de briller en quelques jours.

2. La nébuleuse deviendrait donc rapidement invisible à moins d'une cause continue de renouvellement de production de lumière.

3. Le seul effet luminescent qui opère d'une manière effective dans le vide et à basse température, est celui qu'on obtient par des décharges électriques semblables à celles des tubes de Geissler et dans les vides analogues.

4. Les recherches de Sir J. J. Thomson et d'autres sur la décharge électrique à travers les gaz, et les récents travaux sur la radio-activité, désignent les charges électriques comme la principale cause de luminescence des nébuleuses.

5. Puisque les nébuleuses se transforment insensiblement en étoiles, il est certain qu'il y a dans les noyaux, ou centres de condensation, une production de chaleur considérable, et les conditions véritablement nébulaires se rencontrent principalement dans les parties périphériques de masses pareilles.

6. Comme la poussière rejetée des étoiles pour former les nébuleuses est totalement refroidie quand elle dépasse les limites de la couronne, elle est lancée dans l'espace à la température du zéro absolu, et ne peut redevenir chaude que par la condensation sous l'effet d'une collision violente, et si elle possède une enveloppe gazeuse, retenant la chaleur, ce qui ne peut avoir lieu que dans le noyau de la nébuleuse. — Toutefois, des décharges électriques peuvent se produire dans la nébuleuse toute entière et sans production de chaleur appréciable au-dessus du zéro absolu.

Nous concluons donc que de même que les amas globulaires capturent des étoiles, les annexent et les disposent en couches uniformes successives avec densité qui va croissant vers le centre; de même les nébuleuses sont formées et disposées en enveloppes concentriques successives d'un éclat uniforme, mais plus accentué au centre, par l'agglomération de la poussière rejetée par les étoiles. Cette poussière se trouve partout à basse température excepté dans les noyaux des nébuleuses qui se transforment en étoiles.

VIII. La Théorie de la capture dans l'évolution sidérale est essentiellement un développement des idées d'Herschel.

Comme la théorie moderne de la capture, dans le développement des systèmes sidéraux, est le résultat de l'extension des travaux d'Herschel par l'auteur de ces lignes, il est naturel que nous examinions maintenant les idées d'Herschel sur les rapports entre les différents types de corps célestes.

Deux des mémoires d'Herschel présentent un intérêt spécial, à cause de la description allégorique qu'il donne de sa méthode d'interprétation du principe de continuité appliqué aux phénomènes de création se passant dans la Nature. — Voici deux passages remarquables:

1. « Cette manière de considérer les cieux semble jeter sur eux une lumière nouvelle. Ils nous apparaissent comme un riche jardin, qui contiendrait la plus grande variété des plantes à fleurs, disposées en plusieurs plates-bandes, et nous en retirons cet avantage en tout cas, de pouvoir étendre notre expérience, pour ainsi dire, à travers un temps immense, — car pour continuer ma comparaison empruntée au règne végétal, n'est-ce point presque la même chose d'assister successivement à la germination, à la floraison, à la feuillaison, à la fécondation, à l'étiolement, au fletrissement et à la décomposition d'une plante, que de voir en même temps une quantité d'échantillons de la même plante à toutes les différentes phases de sa vie? » (« Phil. Trans. », 1789, p. 226).

2.° « Tandis que je poursuivais ces travaux, j'étais dans la situation du naturaliste qui examine les différentes espèces d'animaux et d'insectes depuis le plus haut degré de perfection jusqu'au plus bas, et qui, arrivé au règne végétal, peut à peine établir les limites précises où l'animal finit et où la plante commence, et va même jusqu'à soupçonner qu'il peut ne point y avoir entre eux de différence essentielle. Se resaisissant toutefois, il compare par exemple un être humain et un arbre, et tout doute quitte aussitôt son esprit. De même, nous passerons insensiblement d'un grossier amas d'étoiles, telles que les Pleiades, *Praesepes,* la Voie Lactée, l'amas du Cancer, la nébuleuse d'Hercule,..... jusqu'à ce que nous arrivions à une nébuleuse telle que celle d'Orion dont nous sommes tentés

d'attribuer, comme autrefois, l'aspect remarquable, à des étoiles excessivement lointaines et très pressées les unes contre les autres. Un objet plus dissemblable serait nécessaire, semble-t-il, pour nous remettre dans le bon chemin. — Il manque, à l'astronome, pour éclaircir ses idées, le coup d'œil que le naturaliste peut jeter sur l'animal parfait, et le végétal parfait, tour à tour. Mais l'objet dont je viens de parler, et qui était nécessaire, existe.

« Regardez par exemple le 19ème amas de ma 6ème classe (N. G. C. 5897), puis cette étoile obscure (N. G. C. 1514) et le résultat sera tout aussi net que dans le cas du naturaliste. — Nous conclurons, je crois, *que la nébulosité autour de l'étoile n'est pas de nature stellaire* » (« Phil. Trans. »., 1791, p. 72-3).

IX. Les conceptions cosmogoniques d'Herschel négligées à cause de la plus grande accessibilité des œuvres de Laplace.

Parmi les meilleurs apports au développement de la loi générale d'évolution cosmique et qui me furent de la plus grande utilité pour le vol. II de mes *Researches on the Evolution of the Stellar Systems* en 1909, je place les recherches sagaces et réfléchies d'Herschel publiées dans les « Philosophical Transactions » de 1785, 1789, 1791, 1802, 1811, 1814, 1817 et 1818. Ces travaux sont restés ensevelis pendant un siècle dans les volumes rarement lus des « Philosophical Transactions » de la Royal Society; les astronomes modernes les ont si peu étudiés qu'il n'en était pas à qui les travaux d'Herschel fussent familiers.

Cette ignorance de la théorie cosmogonique d'Herschel est dûe à deux circonstances malheureuses.

1. On adopta généralement depuis 1796 l'explication plausible mais erronée de Laplace sur la formation des nébuleuses. Par une singulière erreur de jugement, on crut Laplace une autorité en matière de cosmogonie, comme il l'était en mécanique céleste, alors que, en fait, le calcul eut jeté à terre la théorie de Laplace dès le début.

2. D'autre part les travaux d'Herschel étaient inaccessibles aux savants modernes qui, presque tous, avaient adopté la théorie de Laplace, malgré la réfutation excellente qu'en donna Babinet en 1861.

L'argument essentiel de Laplace, c'étaient les anneaux de Saturne, invoqués à tort, la rotondité des orbites des planètes et des satellites, leur mouvement dans une direction commune, et près du plan invariable du système. — Tout ceci prouvait incontestablement que le système avait été mis en mouvement par une cause mécanique commune. Mais en étendant les arguments de Newton sur les figures d'équilibre de masses en rotation comme la Terre à des figures très renflées, qui pensait-on, pouvaient amener un détachement d'anneaux, il eut tort, parce qu'il négligea ce fait qu'il n'y a point dans la Nature de forces pouvant donner lieu à d'aussi rapides rotations. Ainsi, on associa de bonne heure la cosmogonie à la rupture de formes d'équilibre de masses de fluide en rotation, et le rapport faux, ainsi établi, indusit en erreur beaucoup des plus éminents représentants de la physique mathématique du siècle dernier, Herschel, Roche, Helmholz, Lord Kelvin, Darwin, Newcomb et Poincaré, quoique ce dernier ait assez vécu pour corriger beaucoup de ses idées d'antan, dans ses leçons de 1911.

Seul, parmi les physiciens du milieu du 19ème siècle, Babinet ne partagea pas l'erreur commune, mais quoique son critérium invalidât clairement la théorie de Séparation, de Laplace, comme elle n'expliquait pas la rotondité des orbites planétaires, on négligea la réfutation qui ne servit pas à édifier une théorie nouvelle, jusqu'au moment — 1908 — où l'auteur de ces lignes expliqua la rotondité des orbites par l'action séculaire d'un milieu résistant.

Ces circonstances malheureuses firent qu'on négligea complètement pendant plus d'un siècle les conceptions suggestives et essentiellement saines d'Herschel. Et tandis que le chercheur moderne trouvera chez Herschel les éléments de la loi générale d'évolution cosmique, en particulier dans la théorie de la faculté d'agglomération attirant et organisant des figures symétriques de nébuleuses et de masses d'étoiles originellement très séparées, il ne faut pas supposer qu'Herschel nous offre plus que ces éléments rudimentaires d'une cosmogonie. Il n'essaya d'expliquer ni la rotondité des orbites, ni certaines autres caractéristiques des mouvements du système solaire. Et comme Laplace avait traité ces questions de façon logique, il eut l'avantage sur Herschel, malgré ses prémisses érronées.

Il faut considérer la théorie moderne de la capture comme le développement étendu de la simple esquisse d'Herschel; mais il n'est que juste de dire que ce grand astronome a été mon meilleur guide dans beaucoup de mes travaux, et je lui assigne sans hésiter la première place parmi tous ceux qui se sont occupés de la cosmogonie.

Quiconque lira ses travaux conclura avec moi, qu'il est entièrement digne d'occuper le piédestal d'où est tombé Laplace en tant qu'autorité sur le développement des cieux.

X. Le récent mouvement pour la réédition des œuvres complètes d'Herschel.

Il nous paraît désirable, avant de nous résumer, de relater les circonstances relatives au mouvement pour la réédition des œuvres d'Herschel, par la « Royal Society » et la « Royal Astronomical Society » de Londres.

Pendant que je préparais le second volume de mes *Researches on the Evolution of the Stellar System,* au printemps de 1909 j'eus l'occasion d'étudier dans les « Philosophical Transactions » 1781-1818 les travaux d'Herschel. Saisi de l'importance de ces travaux oubliés, j'adressai quelques communications à certains journaux scientifiques anglais, et au Conseil de la Royal Astronomical Society en faveur de la réédition des travaux d'Herschel. Sir W. Huggins s'intéressait vivement aux développements de la cosmogonie, et peu de temps après avoir reçu ma requête relative à la réimpression, et à la création d'un mouvement dans la Société Royale, dans ce but, il annonça le 20 janvier 1910 la réunion d'une commission mixte grâce à laquelle la Royal Society et la Royal Astronomical Society ensemble publièrent les travaux scientifiques d'Herschel en avril 1912.

Les difficultés que suscita la réimpression des œuvres de Herschel furent si considérables, que personne n'eut réussi l'entreprise, si le savant désintéressé qu'était feu Sir William Huggins ne se fut trouvé pour mener à bien une œuvre que le temps seul fera apprécier. Quatre-vingt-dix ans après sa mort Herschel reparaît et parle à travers ses œuvres à un public scientifique beaucoup plus étendu. Sir William Huggins mourut malheureusement peu de temps après avoir créé ce no-

ble mouvement, mais il est juste que son nom reste toujours associé à celui du grand et digne homme que fut Herschel.

Après ce qui vient d'être dit, il est évident qu'on s'étonnera dans l'avenir de l'oubli dans lequel furent laissées les conceptions correctes d'Herschel et du succès de la cosmogonie erronée de Laplace.

Si ces lignes peuvent faire quelque chose pour rendre à Herschel la place qui lui est dûe sur le piédestal d'où est tombé Laplace, ce résultat justifiera l'impression de 1909, et l'esprit généraux qui anima les Sociétés de Londres, sur lesquelles les découvertes d'Herschel ont jeté un impérissable éclat.

XI. Liste succincte des principales autorités en cosmogonie destinée à faciliter l'étude de celle-ci.

Si l'on demandait à quelqu'un d'autorisé de citer en matière de cosmogonie les quelques noms qui méritent le plus l'attention, il répondrait sans doute ainsi :

1. Au 18ème siècle, nommons en tout premier lieu sir William Herschel. Non seulement il étudia l'origine des différents types de nébuleuses et d'amas, mais aussi la désagrégation de la voie lactée sous l'influence d'une faculté d'agglomération, qu'il supposa être l'attraction universelle, opérant durant des âges illimités.

Ses mémoires réfléchis et substantiels de 1785, 1789, 1791, 1802, 1811, 1814, 1817, 1818 retiendront toujours l'attention des philosophes, car ils renferment l'esquisse en grand de la doctrine de l'agrégation sidérale, et pour tous les types de corps célestes. De plus, en retournant son argument sans rival en faveur des forces centrales, on possède une preuve incontestable de forces répulsives opérant dans la nature pour produire la *diffusion originale de la matière* dont la condensation est décrite par Herschel. Les mémoires d'Herschel fournissent donc, ainsi que je l'ai fait remarquer à feu H. Poincaré par lettre, à la fin de Juillet 1911, la meilleure preuve de l'opération universelle de forces de répulsion dans la nature.

2. Les travaux de Kant, comme ceux de Laplace, contiennent des idées intéressantes, mais ne présentent plus maintenant qu'un intérêt historique. L'explication des phénomènes cosmogoniques donnée par Laplace est fondamentalement er-

ronée, et a longtemps empêché de penser correctement à leur égard; chacun sait que les raisonnements de Kant rencontrent des objections également sérieuses. Très certainement ces deux pionniers étaient très en avance sur leur temps, mais on ne pouvait attendre d'eux la solution adéquate des problèmes modernes.

3. Après Laplace, les savants qui le suivirent, comme Roche, Faye, Ligondès, etc.... tombent avec lui. Il faut aussi comprendre parmi eux d'éminents chercheurs qui adoptèrent les prémisses de Laplace, Sir John Herschel, Helmholtz, Darwin, Newcomb et Poincaré, sauf réserves pour ce dernier, en raison des modifications à ses idées antérieures exposées dans ses *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques,* Paris, 1911.

Il faut remarquer que plusieurs des recherches cosmogoniques de Darwin, entre autres sur la rupture des figures d'équilibre des masses fluides en rotation, basées sur les conceptions fausses de Laplace, cessent par là d'avoir un intérêt appréciable en ce qui concerne l'*origine,* mais acquièrent un intérêt nouveau pour nos futures théories de la ***destruction des systèmes.*** On a remarqué très justement que ces travaux se rapportent plus à la cosmolethrie *(κόσμος monde, ἄλεθρος destruction)* qu'à la cosmogonie. L'œuvre mathématique en elle-même est profonde, comme on le sait, et vivra longtemps sans doute, mais ne peut s'appliquer à *l'origine,* mais seulement à la ***destruction*** des systèmes stellaires, en raison de la faiblesse dans les prémisses. A ce dernier point de vue il faut placer les travaux de Darwin parmi les plus importants de notre époque.

4. L'analyse critique des théories cosmogoniques de Poincaré, dans ses *Leçons* de 1911, présentera toujours un intérêt pathétique, comme étant parmi les derniers travaux de cet illustre géomètre. Mes propres travaux n'atteignirent Poincaré que lorsque ses leçons se trouvèrent virtuellement terminées, et il ne put en parler que dans des chapitres spéciaux. On a remarqué que l'unité de conception manque dans ces leçons, pourtant elles sont intéressantes précisément en ce qu'elles présentent la transition de l'ancienne à la nouvelle cosmogonie.

5. Pour conclure, il n'y a pas de traité relatif à la cosmogonie universelle en dehors de celle qu'on trouve dans mes *Researches,* Vol. II, 1910.

Le point de vue ayant considérablement changé, il n'y a rien d'étonnant à ce qu'il y ait dans cet ouvrage, des défauts

de détail considérables; ainsi, l'étude de la profondeur de la voie lactée, et la théorie des amas globulaires ont été beaucoup améliorées dans deux mémoires publiés dans les « Proceedings of the American Philosophical Society », 1912, n.[rs] 203 et 204.

XII. Les systèmes sidéraux sont mis à l'abri de la force de gravité destructive par l'action des forces projectiles.

Herschel, cherchant ce qui peut empêcher les étoiles des systèmes sidéraux de « se précipiter vers leurs centres d'attraction », ajoute qu'il n'exclut point les *forces projectiles* et que si elles existent « ce sont des obstacles à l'apparente puissance de destruction de l'attraction, et qui mettent à l'abri de celle-ci toutes les étoiles d'un même amas, si ce n'est à jamais, du moins pour des millions d'âges » (« Philos. Trans. », 1785, pages 217, 266).

Il y a là un facteur important dans la préservation des systèmes sidéraux de toutes sortes et qui mérite plus qu'une simple mention en passant.

L'explication à présent adoptée des *forces projectiles* (semblables à celles qui mirent les planètes en révolution) repose sur la dispersion originale de la poussière par les étoiles, et son inévitable agglomération en une nébuleuse de forme asymétrique qui se tasse et s'arrondit peu à peu, produisant ainsi un tourbillon autour du centre de la nébuleuse, qui devient le Soleil, tandis que les planètes survivantes qui tournent autour de lui acquièrent par l'action du milieu résistant, des orbites réduites et arrondies en cercles presque parfaits. Il y a là un considérable progrès dans nos théories de mécanique céleste, et comme il repose sur des lois de mouvement bien établies, la difficulté traditionnelle dans la théorie mécanique de l'univers disparaît complètement, et nous voyons que la révolution des étoiles est une conséquence nécessaire et une preuve de la coopération de forces d'attraction et de répulsion dans la nature.

Les vues qui précédent étant essentiellement un développement de celles d'Herschel, et basées sur la faculté d'agglomération provenant inévitablement de l'action séculaire de la gravitation universelle, il est naturel qu'elles s'appliquent éga-

lement aux systèmes sidéraux de tous types, depuis le plus bas représenté par les petits satellites du système solaire jusqu'au plus élevé, comme les magnifiques nuages d'étoiles de la Voie Lactée. Cette qualité d'universalité nous assure la loi fondamentale d'évolution céleste, et rend seule possible le développement de la cosmogonie en tant que science nouvelle des étoiles applicable, sans interruption et d'une manière continue, à l'univers sidéral tout entier.

Mare Island, California, U. S. A.

T. J. J. SEE

(Traduit de l'anglais par M. Henry de Varigny - Paris).

EXISTE-T-IL DES PHÉNOMÈNES PSYCHOLOGIQUES DANS LES VÉGÉTAUX?

Il peut vraiment sembler étrange qu'on puisse aller jusqu'à parler de la possibilité de phénomènes psychologiques dans le règne végétal, quand on considère que certains auteurs veulent réduire le domaine de la psychologie au seul représentant le plus évolué du monde animal, c'est-à-dire à l'homme. Mais comme la plupart ont maintenant abandonné cette conception restrictive, comme le cours des processus physiologiques, qui accompagnent dans l'homme le développement des processus psychologiques, se manifeste d'une façon analogue également dans les autres branches du règne animal, ainsi incline-t-on aujourd'hui à accorder une extension plus large au concept psychologique, en ne l'admettant plus comme exclusivement propre à l'espèce humaine. En dernière analyse, le concept psychologique se réduit au concept de la sensibilité. *Sentir* ne veut pas dire répondre passivement à une excitation extérieure, de la même façon qu'un électro-aimant répond à l'excitation électrique au moyen de l'attraction de l'armature de fer; *sentir* signifie prendre acte des excitations extérieures, signifie *percevoir* ces excitations, les élaborer à l'intérieur de l'organisme. Dès lors, on admet que, dans la sensation, il y a lieu de reconnaître un principe psychologique; on a coutume de définir les sensations comme des faits de conscience simple, mais toujours de conscience; d'où il résulte que, entre les deux concepts de psychologie et de sensibilité, il y a un lien étroit et indissoluble.

Les sensations dans le monde animal sont liées à la présence du système nerveux. C'est en lui que les excitations extérieures provoquent la première impression qui, par lui, est conduite à des centres spéciaux où a lieu la sensation proprement dite ou la perception; et c'est de lui enfin que sortent des phénomènes de réaction qui, bien que produits par d'autres tissus, sont toujours engendrés et guidés par l'activité nerveuse. A mesure que nous descendons les degrés de l'échelle zoologique, tout le plan de la structure et des fonctions des organismes est de moins en moins compliqué et arrive à n'être plus que rudimentaire, lorsque c'est à une simple masse de protoplasma que sont confiées les fonctions qui sont toutes inhérentes à la vie de l'organisme. La division du travail s'atténue et cesse, avec elle diminuent et disparaissent enfin aussi les différenciations morphologiques. Et il en arrive ainsi naturellement pour le système nerveux, qui, présentant peu à peu une simplification de plus en plus grande de structure, finit par disparaître dans les formes inférieures de l'échelle zoologique. Nous savons, en effet, qu'on n'a pas démontré avec certitude la présence de substance nerveuse dans les protozoaires. Dans les métazoaires inférieurs, il semble que, dans certains cas, il n'existe pas de cellules nerveuses, bien que la question reste encore à étudier.

Et alors se présente la question : les faits de conscience qui sont intimement liés à ce système subissent-ils aussi cette simplification progressive, jusqu'à se trouver à l'état rudimentaire dans les formes les plus simples? Ou doit-on admettre qu'ils cessent à un moment donné, quand la simplification progressive des processus physiologiques, — auxquels ils sont liés, — ne rend plus possible leur existence? Et, dans ce cas, à quelle hauteur dans l'échelle zoologique devrons-nous placer une semblable barrière? Évidemment, cette seconde supposition ne peut être trop facilement acceptée au point de vue logique. S'il peut sembler difficile à première vue d'admettre des phénomènes de conscience dans les réactions et dans les mouvements que présente, par exemple, un infusoire, il n'y a pas de doute, au contraire, que, lorsque nous considérons le lien phylogénétique qui lie cet infusoire aux formes plus évoluées, lorsque nous constatons qu'une continuité progressive, ininterrompue dans la branche zoologique lie tous les processus, tous les phénomènes, des plus simples aux plus compli-

qués, nous devons probablement admettre que, dans ce cas aussi, doit se trouver un rudiment de conscience, et qu'on peut encore parler de phénomènes psychologiques, si simples que ceux-ci doivent être.

Mais, dans le monde végétal, les choses procèdent différemment. Ici, le système nerveux manque complètement, et il n'y a point d'autre forme connue qui y corresponde; certaines fibres qu'on nomme fibres nerveuses, en raison d'une lontaine ressemblance avec les nerfs, et qui ont été découvertes dans un petit nombre de cas, ne peuvent être mises en contradiction avec cette proposition, parce que leur existence est encore mise en doute et que leur analogie avec les véritables fibres nerveuses est rien moins qu'assurée. Le système nerveux manquant, on devrait admettre qu'une véritable sensibilité dût manquer, et c'est à cette idée que sont arrivés jusqu'à il y a quelques années la majorité des savants, qui s'appuyaient aussi sur le fait apparent que les plantes, sauf en quelques cas, ne semblaient pas réagir, au moins selon la manière que présentent les animaux à l'égard des excitations extérieures. Parmi les philosophes grecs, on a tendu à admettre une âme dans les plantes; mais on a nié la sensibilité.

Mais dans ces dernières années, cette façon de voir a été radicalement changée. On a découvert des phénomènes de réaction très sensibles et presque généraux pour beaucoup d'agents du monde extérieur: mécanisme de réception des excitations, transport de l'excitation à travers des filaments plasmatiques de communication, qui peuvent représenter physiologiquement, bien qu'ils ne soient pas différenciés au point de vue morphologique, les fibres nerveuses des animaux; appareils, enfin, destinés à la réaction. Dans ces phénomènes d'excitation, de conduction de l'excitation elle-même et de réaction, on distingue un temps nécessaire pour que l'excitation produise son impression; il y a un temps latent pour que l'excitation se propage et que la réponse survienne; il y a enfin une persistance de l'excitation sur l'organe excité; et il a été généralement constaté que les excitations intermittentes dans de certaines limites s'ajoutent et se comportent comme s'il y avait une excitation continue. Des faits analogues sont connus dans la physiologie des sensations du monde animal; il y a même entre les deux ordres de phénomènes une correspondance complète; mais il y a quelque chose de plus: certaines

lois spéciales qui règlent le développement des phénomènes susdits dans le monde animal s'appliquent intégralement aussi au monde végétal; ainsi en est-il de la loi connue, découverte par Weber pour les animaux, et dont la portée s'étend aux deux règnes.

Il semble donc qu'on ne puisse douter que même dans les plantes n'existe une véritable sensibilité et que, dès lors, on ne doive parler d'un principe psychologique. Mais contre cette opinion s'élèvent de nombreux adversaires, qui jugent différemment de la chose, en considérant que, dans le règne végétal, ont lieu seulement des phénomènes de réception des excitations et de réponse à ces excitations, sans qu'il existe une faculté véritable et propre de sentir et de percevoir, qui serait caractéristique de l'autre règne. La question, si elle n'était pas posée dans le domaine de la recherche expérimentale, menacerait de s'élargir en controverse théorique, sans limite; de sorte que c'est dans le domaine de l'observation que le problème doit être étudié et soumis à une tentative de solution.

Nous suivrons rapidement cette voie, et nous tenterons de tracer selon les grandes lignes un tableau de l'état de la question; mais avant de nous atteler à cette tâche, nous devons insister sur l'importance du problème que nous voulons soumettre à notre attention, non seulement au point de vue particulier de la connaissance d'un ordre déterminé de phénomènes dans le monde des plantes, mais aussi au point de vue, beaucoup plus général, de l'étude des caractères qui différencient végétaux et animaux. Les recherches de ces dernières années ont montré un parallélisme vraiment surprenant entre des catégories entières de phénomènes appartenant aux animaux et aux végétaux, tant dans le domaine de la biologie générale que dans le domaine cytologique. Il suffira de rappeler, dans le domaine de la physiologie de la reproduction, les nouvelles conquêtes faites par la science sur les problèmes des variations, de l'hybridisme, des mutations des espèces. Dans ce domaine, la physiologie végétale est la première parvenue à de nouvelles régions, jadis ignorées, alors que sa sœur, la physiologie animale, y est arrivée seulement après elle. Or, nous pourrons bien conclure aujourd'hui, d'après les nouveaux faits assurés par les nouvelles théories, que les lois elles-mêmes de la descendance s'imposent aux deux grandes branches des êtres

organisés, c'est-à-dire la branche animale et la branche végétale. Dans le domaine de la cytologie, nous trouvons la même ressemblance; les éléments fondamentaux de la cellule sont presque les mêmes dans les deux règnes. Dans le cytoplasme, il n'arrive pas qu'on trouve un caractère différentiel décisif; le noyau présente la même structure, la même façon de se comporter dans les processus de division, de sexualité et de conjugaison. Les anciennes distinctions faites en partant de l'absence de mouvement dans les plantes sont aujourd'hui tombées; de là sort enfin la question: par quels caractères particuliers se différencient les plans d'organisation des végétaux et des animaux, du moment que ces deux branches, leur origine commune étant exceptée, se développent indépendamment l'une de l'autre, en lignes phylogénétiques complètement distinctes? Et nonobstant les grandes analogies que nous venons de résumer, il doit certainement exister des différences fondamentales, caractéristiques; il y a, en somme, deux plans d'organisation distincts, sur chacun desquels la nature a ensuite appliqué à peu près les mêmes lois. Quant à chercher à pénétrer ce secret, à connaître la nature intime de ces deux plans, d'en relever les différences, celles de fonction et autant que possible celles de structure, ce n'est pas autre chose que chercher à aborder le problème primordial et le plus important de la biologie tout entière.

On sait que les plantes ont une fonction de plus par rapport aux animaux: la faculté d'accomplir les synthèses organiques les plus variées, en se servant de matériaux inorganiques. Cette faculté, qui a son point de départ dans la fonction chlorophyllienne, est vraiment caractéristique du monde végétal; faculté non seulement caractéristique, mais encore fondamentale pour le développement du monde entier des êtres vivants. Mais la question se présente nécessairement à ce moment de savoir si une telle différence est la seule qui puisse caractériser les deux règnes. Du moment qu'il y a dans le végétal, — et elle est certainement démontrée, — une fonction très importante qui manque à l'animal, on peut se demander si, pour ainsi dire, par une espèce de compensation, il y a dans ce dernier une autre fonction qui manquera dans le premier; or, tout le monde sait qu'une des différences au moyen desquelles un animal se distingue d'une plante, — spécialement aux degrés les plus élevés de l'évolution, — c'est pré-

cisément la présence de facultés intellectuelles dans le premier, facultés qui manquent dans la seconde. Mais on peut demander encore: cette absence est-elle absolue ou relative? Doit-on conclure que des phénomènes psychologiques n'existent pas dans le monde végétal, et ne peuvent y exister, étant donné la limite de potentialité fonctionnelle de ce règne? Ou doit-on au contraire admettre que, si réduits soient-ils à une forme élémentaire, on vérifie pourtant toujours des phénomènes d'une véritable sensibilité, pour lesquelles on pourra encore parler d'une *psychologie végétale?*

La question, comme nous l'avons noté, est de la plus grande importance: ce n'est pas une question de curiosité scientifique; elle ne prend pas pour objet un problème particulier; c'est une question qui embrasse un principe fondamental et général pour la biologie, celui qui permet de connaître les différences substantielles de l'organisation des deux règnes et de décider si la plus sublime des facultés concédées aux organismes, à savoir celle de sentir et de percevoir, est seulement une prérogative de l'un d'entre eux.

La question, — comme on l'a dit, — ne peut être traitée au point de vue théorique ou métaphysique; elle doit être au contraire abordée avec la méthode positive de l'observation et de l'expérience. En somme, c'est une question de physiologie, et c'est dans les limites de cette branche de la science que nous devons chercher à la traiter synthétiquement.

*
* *

De nombreux agents du monde extérieur possèdent la faculté de provoquer dans les végétaux des réactions, dont les plus communes sont les réactions de mouvement, déterminées par des organes spéciaux. Les agents susdits peuvent être: la pesanteur, la lumière, la chaleur, l'électricité, l'humidité, la pression, le contact, les actions chimiques. Pour le son, on ne connaît pas dans le monde végétal d'organes spéciaux pour la réception de l'excitation, et, dès lors, pour la réponse à l'excitation non plus. Le schéma général de ces phénomènes est le suivant: des tissus déterminés reçoivent l'impression ou excitation; la réponse peut avoir lieu dans les mêmes tissus ou dans des régions éloignées. Dans le dernier cas, qui est le plus compliqué, on distingue alors des zones de réception

de l'excitation (et dans ces zones il y a souvent des organes bien déterminés), des zones le long desquelles a lieu la conduction de l'excitation reçue, et enfin des zones dans lesquelles la réponse a lieu. Or, nous notons tout de suite que nous rencontrons la plus grande différenciation morphologique, à laquelle doit aussi correspondre une différenciation physiologique, dans les organes destinés au premier de ces processus, c'est-à-dire à la réception. C'est dans ces organes que Haberlandt a cru découvrir une analogie impressionnante avec le monde animal. Pour la réception des sensations lumineuses, nous aurions des cellules spéciales qui nous rappelleraient les yeux des animaux; c'est-à-dire des cellules avec une disposition particulière les rendant aptes à servir comme de loupes, tandis que la couche périphérique sensible du plasma aurait la fonction de la rétine. Pour la réception de la force de la pesanteur, il y aurait des corpuscules mobiles (statolithes), qui, par leur propre poids, détermineraient une excitation sur la couche périphérique, dont nous avons parlé, de cellules spéciales, et cela d'une façon analogue à ce qui se passe dans le monde animal. Or, toutes ces hypothèses de Haberlandt font juste à présent l'objet d'une très vive discussion. Les organes existent, et leur fonctionnement au point de vue phsysique est hors de doute. Mais leur valeur physiologique est à l'heure actuelle fort incertaine, spécialement en ce qui touche les organes spéciaux supposés propres à recevoir les sensations lumineuses. Quant à la théorie des statolithes (corps capables, comme on l'a dit, de provoquer la réception de la pesanteur), la controverse est peut-être moins active. Au moyen de recherches tout récemment accomplies dans notre laboratoire de Physiologie Végétale de l'Institut Botanique de Rome, qui paraîtront prochainement, on a mis en évidence des faits qui paraissent décisifs dans les cas étudiés.

De même pour le tact, il y a des organes spécifiques, sur lesquels le doute n'est plus possible.

Mais, quel que soit le jugement qu'on puisse porter sur la valeur de ces organes, une constatation est hors de discussion: leur grande sensibilité (nous employons pour l'instant ce mot dans le sens purement physique), par rapport aux agents extérieurs. Il suffit souvent d'un léger éclair lumineux, à peine perceptible pour nos yeux, pour provoquer des réactions de mouvement; le moindre contact le plus léger provoque souvent de même une réaction décisive.

Les phénomènes de conduction, quand ils existent et quand ils s'accomplissent — comme dans les végétaux qui ont toujours un certain degré de différenciation — à travers des tissus ou à travers une chaîne de plusieurs cellules, ne sont pas liés à la présence d'organes spéciaux. Ce sont les filaments plasmiques communs de communication intercellulaires, qui ont la fonction de lignes de conduction; c'est seulement dans des cas déterminés, mais qui ne sont pas tout à fait prouvés, qu'on aurait constaté des fibrilles spéciales. La réaction ou réponse n'est pas liée non plus à des organes spéciaux. Dans la *Mimosa pudica,* l'excitation transmise aux tissus du coussinet provoque une modification dans les propriétés des membranes plasmiques des cellules. Celles-ci laissent fuir le liquide contenu à l'intérieur. Il en résulte une diminution de gonflement et le repliement de l'organe entier vers la moitié du coussinet, dont le gonflement est diminué. Dans ce cas, les phénomènes de mouvement se vérifient dans des tissus déjà adultes. Mais, en général, les mouvements sont accompagnés par une accélération différente dans l'accroissement des deux moitiés antagonistes d'un organe donné; si l'une des moitiés s'accroît plus que l'autre, elle subit un repliement, par suite duquel le côté qui a présenté un accroissement plus fort devient convexe et l'autre au contraire devient concave. Ces mouvements (tropismes), dûs à un accroissement inégal provoqué par une excitation extérieure, représentent le cas le plus fréquent.

La chaîne des processus particuliers est donc très simple; elle est constituée par ces trois anneaux seuls: réception de l'excitation, conduction, réaction ou réponse. Si, maintenant, nous faisons en sorte d'observer le quadre d'ensemble présenté par le monde animal, nous trouvons tout de suite une différence substantielle. Entre les organes destinés à la réception et ceux qui sont propres à la réaction, il n'y a pas seulement des lignes de conduction, mais il y a en outre un organe central, constitué par des cellules nerveuses, dans lesquelles a lieu une perception de l'excitation et une combinaison éventuelle avec d'autres excitations provenant d'autres organes réceptifs; ou encore une association avec des excitations d'une date antérieure, se trouvant, pour ainsi dire, à l'état latent, et qui peuvent maintenant se réveiller en redevenant actives (phénomènes de mémoire) et en s'unissant, elles aussi, aux excitations nouvelles. Il en résulte un phénomène

complexe, un acte d'association et de perception, qui provoque une élaboration des excitations particulières, en en tirant une représentation nouvelle, qui constitue la sensation proprement dite, le phénomène psychique ou de conscience. La réponse qui en résulte est en rapport avec cet état nouveau et complexe, auquel a donné lieu la fonction spécifique de l'organe central; la chaîne des phénomènes est donc, dans ce cas, bien plus complexe, et se différencie grandement de celle que présente le monde végétal.

La recherche d'un organe ou d'un groupe de cellules qui puisse accomplir, si embryonnairement que ce soit, la fonction d'un organe central, a été très active en ce qui touche le monde végétal, mais le résultat en a été décidément négatif. Dans les phénomènes de mouvement présentés par les tentacules de *Drosera rotundifolia* (plante carnivore généralement connue), on avait cru trouver dans les glandules digestives la fonction précitée, parce que, la glandule d'un seul tentacule étant excitée, le mouvement était accompli également par d'autres tentacules, et, comme la glandule seule est capable de recevoir l'excitation, on croyait que celle-ci pouvait passer de la glandule d'un premier tentacule aux glandules des tentacules avoisinants et que de ces derniers pouvait partir ensuite vers la base de chaque tentacule une impulsion tendant au mouvement. Dans ce cas, il y aurait eu des phénomènes de conduction centripète et centrifuge d'une excitation, sensorielle, dans le premier cas, motrice, dans le second. Mais des expériences ultérieures ont démontré l'erreur de ce jugement. En décapitant tous les différent tentacules, sauf un, et en excitant la glandule de celui-ci, on a obtenu également le mouvement de tous les autres, ce qui signifie qu'il n'y a conduction ni centripète, ni centrifuge par rapport aux autres glandules, — celles-ci, dans ce cas, avaient été enlevées, — mais simple conduction de la glandule excitée à la base des autres filaments, où a lieu, par réaction, le mouvement.

Toutefois, malgré l'absence d'un organe central morphologiquement déterminé, on peut se demander s'il y a des phénomènes de perception ou d'association dans les organes mêmes destinés à la réception. Car on pourrait accepter l'hypothèse que, nonobstant l'absence de différenciation morphologique, le même organe pourrait contemporainément accomplir la fonction de réception à l'égard de l'excitation et de la perception. Notre

attention se trouve attirée principalement par les sommets des racines, lesquels, selon les probabilités les plus grandes, en dépit des controverses existant à l'heure actuelle, doivent être considérés comme des organes spécifiques pour la réception de la force de pesanteur. Or, on sait que, depuis l'époque de Charles Darwin, qui avait accompli les expériences classiques sur la décapitation de ces sommets, se trouvait mise en évidence leur action directrice prépondérante dans les mouvements de la racine tout entière; si bien que le grand naturaliste anglais les comparait pour leur fonction à une espèce de cerveau. Dans l'impossibilité d'entrer dans l'un des sujets les plus largement controversés et les plus riches en observations et en expériences, parfois aussi contradictoires, de la physiologie végétale, je me bornerai à rappeler que, probablement, le phénomène de la réception de l'excitation a lieu le plus souvent dans la coiffe, qui recouvre le sommet de la racine. C'est dans la coiffe qu'on rencontre souvent des granules d'amidon (statolithes) parfaitement mobiles et capables de provoquer une excitation au moyen de leur déplacement. Mais de nombreux auteurs admettent que c'est au sommet proprement dit, qui se trouve au-dessous de la coiffe, que serait réservée une fonction également importante, celle de donner le *tonus,* comme on a coutume de dire, ou de provoquer une coordination de mouvements. Cette hypothèse s'appuie sur le fait qu'en provoquant des lésions sur le sommet sans blesser l'appareil statolithique, on arrive à obtenir des mouvements désordonnés, qui seraient précisément dans la dépendance de cette absence d'action du sommet blessé. Mais, dans ce cas, la réponse est facile, et propre à mettre véritablement en doute la valeur de l'hypothèse précitée. Quand on blesse le sommet, l'irritation se propage alentour et peut par suite atteindre l'appareil statolithique; en outre, les voies de conduction doivent traverser les tissus lésés: il n'est pas, dès lors, besoin de recourir à l'hypothèse d'une fonction spéciale du sommet pour expliquer le trouble survenu dans les fonctions de réaction.

Cependant, il est certain que, au sommet de la racine, il peut y avoir lieu des phénomènes de combinaisons d'au moins deux excitations: l'un des exemples qu'on peut alléguer nous est fourni par les phénomènes de mouvement provoqués par la pesanteur (géotropisme) et par les phénomènes provoqués par l'action de l'humidité (hydrotropisme). Les jeunes racines

se dirigent selon l'action de la pesanteur, mais elles sont aussi attirées vers les régions de l'extérieur ambiant où domine l'humidité. Or, de même que le sommet de la racine est l'organe de réception pour l'excitation provoquée par la pesanteur, il l'est encore pour l'excitation qui a son origine dans l'humidité. Et l'utilité que la plante tire de cet ordre double de phénomènes est évidente. En obéissant à la pesanteur, elle tend à enfoncer verticalement les racines primaires et à conquérir avec les racines secondaires les régions avoisinantes du sous-sol; mais au moyen de l'hydrotropisme, les racines elles-mêmes se plient vers les points déterminés où abonde l'eau dont elles ont besoin. Or, les excitations de ces deux agents, pesanteur et humidité, sont reçues par le même organe; c'est dans cet organe qu'elles se combinent, en donnant lieu à un mouvement complexe de réaction. Quelqu'un voudra prétendre que cela doit correspondre à un phénomène purement physique; c'est-à-dire que les deux excitations doivent donner l'origine à un mouvement de réaction, de la même façon que deux ou plusieurs forces concourantes peuvent donner lieu à une résultante, selon la règle connue du polygone des forces. Mais nous ne devons pas, à ce propos, oublier que nous sommes sur le terrain de la physiologie, que ces phénomènes se développent dans le corps d'organismes vivants, et qu'on ne peut justifier la tentative de vouloir réduire le cours de processus physiologiques au type de processus purement mécaniques.

Mais dans les végétaux existent sans doute d'autres phénomènes qui font penser à la possibilité d'un acte, si élémentaire soit-il, de perception sensible. On sait que la lumière peut provoquer des mouvements d'orientation soit vers la source lumineuse (héliotropisme positif), soit en sens contraire (héliotropisme négatif). Or, dans quelques cas, — et spécialement dans les organismes végétaux inférieurs, qui, en raison de leurs conditions de vie, ne sont pas adaptés à une forte radiation, — nous trouvons ce fait curieux, à savoir qu'un faible éclairage produit une réaction positive, un éclairage plus intense une réaction négative; pour un éclairage intermédiaire, on obtient un état indifférent. Ce fait a été constaté pour certaines algues comme la *Vaucheria* et surtout pour le *Phycomyces*. Les filaments de ce champignon présentent des mouvements qui peuvent être représentés au moyen d'une courbe où l'on passe de la réaction évidemment positive à un état de

réaction nul et, dès lors, à une réaction évidemment négative. Mais d'études récentes, il résulte qu'un semblable fait peut se vérifier aussi dans les plantes supérieures. Au moyen de radiations très intenses ou prolongées, on peut passer de la réaction positive à l'état neutre, puis à la réaction négative et enfin de nouveau à la réaction positive. D'autres recherches ont facilement montré que des phénomènes analogues se vérifient aussi pour le géotropisme. La force de la pesanteur est une force constante qu'il n'est pas en notre pouvoir de modifier[1]. Mais nous pouvons faire intervenir, en dehors de la pesanteur, la force centrifuge, moyennant des appareils de rotation; cette force agit comme la pesanteur, mais elle est variable selon notre volonté, et nous pouvons alors en expérimenter les effets, divers selon leur différence d'intensité. On a ainsi constaté que, tandis que des racines jeunes présentent, pour des intensités modérées, la réaction ordinaire (géotropisme positif), pour des intensités plus fortes elles renversent la réaction, en se dirigeant dans le sens opposé (géotropisme négatif). Dans ces cas, l'organisme a certainement montré une contre-réaction à l'égard de l'excitation trop forte; elle a renversé ses mouvements. Mais pour que cela puisse arriver, il faut admettre que l'organisme lui-même a perçu de quelque manière l'action de l'excitation elle-même, pour qu'ensuite ait été possible l'apparition d'un fait nouveau intérieur, qui a provoqué le renversement de tout le mécanisme de réaction.

On explique mal ces phénomènes au moyen d'une représentation purement physique.

De même, l'action prolongée de la pesanteur et de la lumière tend dans beaucoup de cas à provoquer une contre-réaction et un renversement de mouvements. Le fait le mieux connu est celui que provoque la lumière dans les filaments de *Phycomyces*, dont nous avons parlé plus haut. Un éclairage continuel, d'après Oltmann, provoque, au bout de quelques heures, un renversement de mouvement. Dans ce cas, ce n'est pas l'intensité croissante de l'excitation extérieure, mais c'est au contraire sa longue durée, qui provoque une contre-réaction. De même, selon les travaux auxquels j'ai fait allusion, il survient dans les plantes supérieures des phénomènes semblables très intéressants. Pour les bourgeons d'avoine, Pringsheim et Clark ont démontré qu'on peut soumettre la plante à un éclairage plurilatéral, lequel, naturellement, ne provoque aucun

effet en ce qui touche l'incurvation. Mais un éclairage unilatéral continu provoque une réaction différente selon la durée et l'intensité de l'éclairage précédent. Évidemment, il faut admettre, en conséquence, que, dans la matière vivante, où surviennent ces phénomènes, les excitations qui ont passé ont laissé une trace, laquelle constitue un fait intérieur, capable de provoquer un phénomène d'association avec les nouvelles excitations qui proviennent de l'extérieur, et de donner lieu à une réaction différente. On pourra objecter que, dans ces cas, il s'agit d'un phénomène pour ainsi dire de lassitude du protoplasma, par lequel le protoplasma réagit à l'égard de l'agent qui l'a excité avec excès; mais de quelque façon qu'on veuille juger ces faits, il est certain que le cours des phénomènes pour ainsi dire de sensibilité dans les plantes ne peut se réduire au simple schéma d'une *réception,* d'une *transmission* et d'une *réaction;* il reste clairement démontré que les excitations laissent leur empreinte sur la matière vivante, que celle-ci en éprouve une modification intime, grâce à laquelle surviennent de nouveaux faits intérieurs; or, c'est en cela qu'il semble raisonnable de reconnaître un principe de perception.

En outre, pour les bourgeons d'avoine, on ne peut pas non plus invoquer cette prétendue lassitude, puisque, pour des excitations lumineuses croissantes, on passe de la réaction positive au stade neutre, puis à la variation positive, et puis encore de nouveau à une réaction positive. Un autre fait fort curieux et intéressant nous est présenté par la *Linaria Cymbalaria,* plantule qui vit communément attachée en particulier aux murs, etc. Les branches qui portent des fleurs se tournent vers la lumière, et cela correspond à une condition œcologique de la plante. Mais, à peine est survenue la fécondation et à peine la plante a-t-elle intérêt à tourner ses propres branches vers le mur, où les graines pourront pousser, qu'il intervient un renversement de mouvement: les branches florifères ne se tournent plus vers la lumière, mais elles la fuient. Dans le présent cas encore, une semblable inversion est provoquée par un fait intérieur, tel que les modifications produites par la fécondation survenue; or, ceci encore, à l'instar des autres cas plus haut énumérés, tend à démontrer la complexité du phénomène de réaction à l'égard des excitations extérieures.

Je laisse de côté d'autres exemples tout à fait semblables,

qui pourraient être décrits, et je passe à un cas classique présenté par certaines plantes, à un cas qui a donné lieu à des discussions intéressantes sur l'existence de phénomènes mnémoniques dans les végétaux. Je veux faire allusion aux plantes qui présentent des mouvements différents dans leurs feuilles, mouvements provoqués par l'alternance de la lumière et de l'ombre, ou du jour et de la nuit. Comme l'on sait, les feuilles composées de beaucoup de plantes s'ouvrent pendant le jour, en prenant la position qu'on peut appeler diurne, et se ferment le soir, en prenant la position nocturne et de sommeil qu'elles garderont pendant la nuit. Ces mouvements sont indubitablement provoqués par l'action lumineuse qui agit à intervalle; mais quand les plantes elles-mêmes sont portées et maintenues à l'ombre, il survient un fait curieux: le mouvement s'accomplit régulièrement aux mêmes heures et se continue pendant des jours et pendant des semaines, jusqu'à ce qu'il commence à devenir tout d'abord irrégulier, puis cesse entièrement. Or, on a voulu trouver dans ces faits un début de mémoire. La plante se rappelle, a-t-on dit, l'excitation lumineuse et accomplit le mouvement à la même échéance, même quand l'action lumineuse ne se fait plus sentir. Mais, d'autre part, des objections ont été opiniâtrement élevées contre cette façon d'expliquer le phénomène. On lui a opposé l'idée qu'il s'agissait, dans ce cas, d'un mouvement passif, rythmique, acquis par la plante et qu'elle répète pendant un certain temps, même quand ont été exclues les causes qui lui ont donné naissance; on a parlé d'un mouvement pendulaire, en raison de l'analogie que ce mouvement peut présenter avec les oscillations d'un pendule; on a supposé que l'alternance de lumière et d'ombre pouvait provoquer la succession alternative de processus chimiques déterminés, et que les mêmes processus peuvent aussi subsister pendant un certain temps à l'ombre. Mais si ces raisonnements et d'autres encore peuvent avoir une certaine valeur, on ne peut toutefois nier dans les végétaux la faculté de conserver les impressions d'excitations précédemment reçues.

On dit: cela peut arriver par suite d'un simple processus physico-chimique; mais les processus physico-chimiques n'accompagnent-ils peut-être pas aussi dans les animaux supérieurs les processus de sensation ou de perception? Et ne doit-on pas toujours admettre comme se trouvant dans une

connexion intime avec le processus psychologique, quelle que soit l'école philosophique à laquelle on appartienne, le cours d'un processus physiologique?

En conséquence, ces derniers faits, de quelque façon qu'on veuille les interpréter, tendent aussi à démontrer qu'il s'agit toujours de phénomènes extrêmement complexes et qu'on ne peut parler de simples processus de réception, de conduction et de réaction, tels qu'il pourrait s'en présenter, par une voie purement physique, dans une machine, par exemple.

Et maintenant, il convient de répéter la question: peut-on parler de phénomènes psychiques dans les végétaux? La réponse n'est pas encore facile: elle dépend principalement de l'extension que nous voulons donner au concept psychique. Toutefois, le problème peut être extrêmement simplifié, si nous l'abordons d'un autre côté.

*
* *

Si nous tournons notre regard sur la présence et sur le développement du système nerveux dans le règne animal, nous constatons que ce système fait défaut dans les types les plus inférieurs; nous savons aussi que ce système, une fois apparu, évolue rapidement à mesure que nous nous élevons aux rameaux supérieurs de l'arbre zoologique. En même temps que l'évolution et que le perfectionnement morphologique, marche l'évolution physiologique, de sorte que celle-ci est la plus grande dans les animaux supérieurs et dans l'homme, chez lequel les facultés intellectuelles atteignent le plus haut degré de développement. Comme on l'a déjà noté, le processus psychologiqne doit être considéré comme étroitement lié avec le processus physiologique, et comme le second se simplifie jusqu'à devenir rudimentaire dans les formes les plus inférieures, on doit ainsi admettre que le premier suit aussi le même chemin. Quand disparaît un système nerveux, il subsiste toujours, tant que demeure le phénomène de la vie, le protoplasme irritable, auquel sont assignées aussi les fonctions de recevoir les excitations et d'y réagir. On peut donc admettre avec probabilité que, même dans les formes les plus inférieures, il existe en rudiment la faculté de sentir et de percevoir; et que les manifestations vivaces de vie et de mouvement que présentent ces organismes doivent être liées avec cette faculté; — cela égale-

ment pour admettre une continuité dans la chaîne des phénomènes physiologiques, ainsi que nous la rencontrons dans la différenciation morphologique. De toute façon, quelle que puisse être l'opinion sur la nature de ces phénomènes, il est certain que, du côté de la sensibilité, ces formes inférieures du règne animal ressemblent complètement aux formes correspondantes du règne végétal. Une spore mobile, ciliée d'une algue se meut avec la même vivacité qu'un organisme inférieur cilié du règne animal; elle réagit de la même façon à l'égard des agents extérieurs, montre la même sensibilité, si l'on admet qu'on peut parler de véritable sensibilité dans ces cas. Mais si, maintenant, nous parcourions l'arbre phylogénétique dans les végétaux, si nous nous élevions jusqu'aux rameaux les plus élevés, nous trouverions que la sensibilité (nous employons toujours cette expression, en faisant une réserve sur sa signification) reste à peu près la même. Nous pourrons rencontrer un perfectionnement dans quelques organes de réception à l'égard de l'excitation, et cela en particulier si l'on devait admettre comme démontrées les conceptions géniales de Haberlandt, mais le phénomène de la sensibilité apparaît le même. Les filaments qui portent les spores dans certains champignons se montrent ainsi exquisement sensibles à l'action de la pesanteur et de la lumière, de même que le peuvent être des végétaux supérieurs. Nous savons même, — et on l'a précédemment noté, — que, pour l'étude de cette branche de la physiologie végétale, on recourt souvent aux végétaux inférieurs. On a parlé des belles expériences exécutées sur les *Phycomyces* et des conclusions qui en ont été tirées pour la solution de certains problèmes qui regardent la sensibilité en général dans les plantes. Or, on ne pourrait tenter rien de semblable dans le règne animal; il serait absurde de confondre les phénomènes de sensibilité présentés par un animal supérieur avec ceux d'un animal inférieur. On pourra reconnaître en eux le même principe formateur, mais la distance qui les sépare est fort grande, quoique cette distance soit remplie par une longue chaîne d'anneaux.

Dans les végétaux, au contraire, il n'existe pas la faculté de faire évoluer la fonction de sentir. Cette fonction reste telle qu'elle est aux degrés les plus inférieurs où le règne végétal se rattache au règne animal, et les caractères différentiels disparaissent progressivement. Et alors nous pourrons

dire que la sensibilité du règne végétal est la même que celle des formes les plus inférieures du règne animal, dans lesquelles la différenciation morphologique est encore à ses débuts et chez lesquelles fait défaut un système nerveux. Et nous affirmerons que, dans les plantes, on doit reconnaître un principe psychologique, si l'on admet ce même principe dans les animaux inférieurs; mais que, si on le nie dans ces derniers, on doit pareillement le nier pour les plantes.

Or, la question de savoir si, dans les animaux inférieurs, auxquels on a fait allusion, existe un semblable principe, fait à juste titre l'objet d'une controverse, nonobstant les arguments présentés en sa faveur, et dont on a déjà parlé; d'une pareille question peuvent sortir d'interminables discussions. Mieux vaut l'éliminer et se borner au contraire à faire une distinction opportune, qui consiste à séparer les processus élémentaires qu'on vérifie dans les animaux inférieurs, dépourvus d'un système nerveux, des autres processus qui se manifestent dans les organismes ayant ce système. Nous pourrons désigner les premiers comme *processus de sensibilité inférieure* et les seconds comme *processus de sensibilité supérieure,* la question restant naturellement indécise, — puisqu'il s'agit d'une question dépassant les limites de l'étude expérimentale, — de savoir si, par l'expression de *sensibilité inférieure*, on entend parler d'une véritable sensibilité au sens psychologique du mot. Et nous conclurons que la sensibilité inférieure se rencontre seule, et, comme telle, est caractéristique pour certains animaux au dernier échelon de l'échelle zoologique et pour toutes les plantes: la *sensibilité supérieure* appartient proprement au monde animal tout entier et le caractérise, à peine s'élève-t-il au-dessus des formes les plus basses.

Revenons maintenant à une question que nous avions posée au début de cette étude. Par quelles différences substantielles se distinguent les deux plans fondamentaux de structure caractéristiques du règne animal et du règne végétal? Nous avons dit qu'il manque aux animaux une propriété essentielle, qui est, au contraire, caractéristique des végétaux, la propriété de fabriquer directement la substance organique au moyen de substances inorganiques; et cette propriété, qu'on nomme *organication,* est une propriété essentielle, puisque, sans elle, on ne peut concevoir l'assimilation proprement dite, qui s'accomplit seulement aux dépens de substances organiques. Or, nous

pouvons ajouter que les animaux ont en revanche une propriété de plus: celle de présenter les phénomènes de *sensibilité supérieure*. Les autres qualités, telles que l'*assimilation* proprement dite, la *dynamogénèse* (ou la respiration au sens large du mot), l'*accroissement*, la *procréation*, et aussi la *sensibilité inférieure*, sont communes aux deux règnes. Nous pouvons en effet étendre à tout le règne animal la propriété de posséder une sensibilité inférieure, puisqu'elle se trouve naturellement comprise parmi les phénomènes de *sensibilité supérieure*. Par exemple, toutes les cellules d'un organisme supérieur, même si elles n'appartiennent pas au système nerveux, possèdent une des propriétés essentielles de la matière vivante, c'est-à-dire l'*irritabilité*, laquelle n'est pas autre chose que l'expression d'une *sensibilité inférieure*. Celle-ci se trouve donc mise parmi les propriétés communes aux deux règnes. Mais les deux autres, à savoir l'*organication* et la *sensibilité* supérieure, ne peuvent coexister en même temps, et selon que l'une ou l'autre est représentée dans le plan fondamental de structure, nous constatons que les organismes se développent dans l'une ou dans l'autre des deux grandes branches: végétale et animale.

Par là donc, le problème de la sensibilité dans les plantes est exposé sous une lumière nouvelle. Il n'est pas possible que le règne végétal possède une propriété sur l'exclusion de laquelle repose le plan d'organisation du règne lui-même, de même qu'il n'est pas possible, pour la même raison, qu'aux animaux soient accordées les propriétés synthétiques, qui sont, au contraire, caractéristiques des plantes.

Et maintenant une dernière considération.

Depuis plusieurs années s'est manifestée la tendance de lier le concept de propriétés dans les organismes, et particulièrement de propriétés héréditaires, au concept d'unités morphologiques propres à transmettre les caractères eux-mêmes. Les unités en question doivent être conçues comme des complexus de matière organisée; on les a toutefois appelées *unités*, parce qu'on a supposé que des caractères élémentaires leur étaient liés. Les différents auteurs se sont évertués à leur assigner une infinité de noms différents, qu'il est superflu de rappeler. Ces conceptions, purement théoriques, ont reçu une première démonstration dans le domaine expérimental, lorsqu'on a mis en lumière l'œuvre de l'abbé Grégoire Mendel touchant les phénomènes d'hybridation. Grâce aux travaux de

cet expérimentateur, nous sommes en état d'affirmer aujourd'hui l'existence de parcelles de matière vivante individualisées dans la cellule et auxquelles sont liés des caractères déterminés. Dans les expériences du célèbre abbé, nous assistons au phénomène de la transmission de ces parcelles dans le processus de la fécondation, à leur mélange, à leur influence réciproque, à leur disjonction successive. Nous devons par suite conclure que les caractères particuliers des organismes sont liés à des groupements correspondants dans la matière organisée. D'une façon analogue, on ne pourra considérer comme trop audacieuse la supposition que même les caractères fondamentaux seraient également dus à la présence de groupements principaux de matière liés ou combinés entre eux de façon différente.

Nous sommes bien loin de connaître la constitution d'une parcelle de matière organisée. Mais nous devons admettre qu'y dominent cependant les mêmes lois fondamentales de nature physico-chimique qui commandent à la matière non organisée. Nous savons que la constitution d'une molécule provient de la combinaison d'un certain nombre d'atomes, qui, aujourd'hui, ne sont plus considérés comme des corps élémentaires indivisibles, mais bien comme des complexus de parcelles matérielles plus petites, que nous maintenons à l'état de connaissances élémentaires. Or, ces combinaisons se produisent selon des lois de proportion déterminées, selon un nombre déterminé de liens possibles. Nous pouvons appliquer un concept analogue à la constitution d'une parcelle élémentaire de matière vivante; nous l'appelons élémentaire seulement parce qu'elle représente l'expression la plus simple en comparaison d'autres structures plus évoluées d'un ordre supérieur. Mais dans cette parcelle doivent encore entrer, pareillement liés ou combinés, des groupements matériels, dans lesquels on doit admettre comme inhérents les caractères élémentaires de la matière vivante. Or, nous pourrons considérer que même dans la liaison de semblables groupements se vérifient des lois de proportion déterminées, de sorte qu'il y a une limite entre les groupes qui se lient entre eux, ainsi qu'il y a une limite dans le nombre des atomes qui se combinent pour la constitution d'une molécule. Mais tout ce que nous avons exposé dans notre étude nous dit que les propriétés toutes fondamentales, que nous rencontrons dans les deux règnes, ne peuvent être représentées simultanément. Nous ne possédons pas un

exemple d'un type intermédiaire assez évolué entre animaux et végétaux, celui d'un être qui, en possédant un système nerveux et des fonctions de sensibilité supérieure, ait, en même temps, les propriétés synthétiques qui sont propres aux plantes. L'un de ces deux caractères exclut nécessairement l'autre. C'est la preuve que, dans le plan d'organisation de la matière vivante, il n'y a pas de place pour les deux caractères, mais qu'il y a une loi-limite selon laquelle seulement un nombre déterminé de caractères, — représentés par d'autant de groupements matériels, — peut être possible. Ainsi donc les deux autres propriétés de l'« organication » et de la sensibilité supérieure ne peuvent coexister simultanément en union avec les propriétés essentielles et nécessaires pour tous les organismes. L'une de ces dernières, en vertu d'une espèce de loi-limite ou de proportion, exclut l'autre.

De là, il résulte ainsi deux types fondamentaux dans les plans de structure qui sont les deux points de départ pour le développement des deux règnes, végétal et animal.

Ainsi, le problème de la sensibilité des plantes peut être projeté sous une lumière nouvelle; ainsi, nous pouvons expliquer pourquoi les phénomènes de sensibilité supérieure, propres aux animaux, ne sont pas possibles en elles.

Mais, en revenant à la question de savoir si l'on doit admettre des phénomènes psychologiques dans les plantes, nous dirons que la réponse dépend de l'extension qu'on veut donner au concept psychologique; que le problème se trouve également posé pour les plantes et pour les animaux inférieurs, situés au dernier degré de l'échelle zoologique. L'hypothèse que, même dans ces derniers, on doit rencontrer un principe psychologique apparaît comme probable; mais une réponse décisive n'est pas et ne sera peut-être jamais possible, puisque par elle on tend à pénétrer dans une partie de ce domaine de l'*inconnaissable,* où la méthode expérimentale perd sa propre efficacité et où l'esprit humain doit confesser sa propre impuissance, en renonçant aux conquêtes qui ne lui sont pas interdites dans les autres domaines.

Roma, Università, Istituto Botanico.

CAMILLO ACQUA

(Traduit par M. Georges Bourgin - Paris).

LA MAGIE BABYLONIENNE

La religion babylonienne offre des avantages particuliers à ceux qui étudient la magie. Parmi les civilisations de tous les peuples de l'antiquité, la civilisation composite connue sous le nom de suméro-babylonienne tient la première place à cet égard. L'avantage ne consiste pas autant dans les riches matériaux que les textes religieux des Babyloniens renferment, ou dans la longueur de la période pendant laquelle nous pouvons suivre l'évolution de la magie chez eux, que dans la clarté des termes qu'ils employaient pour désigner les diverses et subtiles conceptions en rapport avec la magie.

A l'époque préhistorique, peut-être vers l'an 6000 avant Jésus-Christ, les Sumériens, peuple de langue agglutinante, à la peau brunâtre et aux cheveux crêpus, étaient sortis de l'Asie centrale pour aller vers les plaines du Tigre et de l'Euphrate inférieur. Aussi loin que nous puissions remonter, voilà quels furent les premiers habitants de cette région fameuse dans la légende comme la demeure des premiers hommes. Quand le peuple sémite ou babylonien envahit cette région par l'ouest, peut-être aussi anciennement que le quatrième millénaire avant le Christ, la religion sumérienne était déjà devenue tout à fait polythéiste, anthropomorphique et s'était systématisée au point de vue théologique. Les peuples sémitiques semblent avoir été complètement convertis à cette religion non-sémitique. En fait, la religion babylonienne renferme en elle à peine quoique ce soit de *proprement* sémitique.

Mais l'avantage que l'assyriologue a sur la plupart des travailleurs qui s'occupent des origines historiques repose sur

le fait que, pour tous les termes subtils employés en religion, il existe deux langues, comme témoins des idées que l'homme primitif désirait exprimer. Ainsi, si nous trouvons que les Babyloniens emploient le mot *kaššapu* pour désigner un sorcier, nous avons un avantage sur l'hébraïsant qui sait que le mot *měkáššef* désigne un sorcier, mais qui n'a pas un moyen sûr de déterminer ce que signifie la racine de ce mot, car ici comme souvent, la philologie sémitique comparée n'offre pas une certitude bien absolue sur le point de savoir si un sorcier est ou bien quelqu'un qui se mutile, ainsi que Robertson Smith et plusieurs savants l'ont supposé, ou quelqu'un qui jette le charme en murmurant ou en parlant en ventriloque. Mais dans les textes cunéiformes, ces mots ne sont pas écrits seulement en langue sémitique, mais en sumérien, et souvent au moyen d'idéogrammes ou d'hiéroglyphes. C'est grâce à ces conditions favorables que nous possédons ici trois moyens d'arriver jusqu'à la racine de la question. Nous avons la langue sémitique, le sumérien et un signe hiéroglyphique. Dans l'exemple mentionné plus haut, l'idéogramme sumérien et le mot sumérien *uḫdugga* signifient celui qui « murmure comme s'il crachait sa salive », si bien que nous pouvons établir tout d'abord la méthode de sorcellerie la plus primitive qui nous soit connue.

Les plus anciens témoignages, écrits il y a environ 4000 ans avant Jésus-Christ, fournissent peu de renseignements ou n'en fournissent pas sur la religion, mais ils montrent que nous ne pouvons espérer d'atteindre ici jusqu'à l'âme d'un peuple primitif. Les hommes de ce peuple sont déjà très avancés en civilisation, et nous ne possédons pas de sources propres à permettre l'étude de leur religion avant l'an 3000 de l'ère ancienne. Depuis cette époque jusqu'à celle d'Alexandre le Grand et même plus tard, l'histoire de la magie peut être retracée avec une extrême précision.

Si je comprends clairement les mots d'*animisme* et de *mana,* ainsi qu'ils sont employés par les anthropologistes, il n'existe nulle part de trace dans la religion suméro-babylonienne de ces idées primitives. Chaque individu, dans les conditions normales, est protégé par un esprit divin ou dieu. Celui-ci est appelé le « dieu de l'homme », et l'homme est défini, dans un sens religieux, comme le « fils de ce dieu ».

Il n'y a pas d'exemple de femme à laquelle cette définition soit appliquée. On peut difficilement attribuer cette la-

cune à un accident, car nos sources mentionnent des centaines et des milliers d'hommes qui ont été ensorcelés et que leurs dieux ont abandonnés, mais jamais de femme. Je n'arrive pas à comprendre cet aspect de la religion des Babyloniens. Conformément à leurs lois civiles, les femmes ont occupé une position extrêmement élevée dans la société, elles ont été souvent prêtresses et consacrées aux ordres religieux. Mais quoique les femmes soient constamment mentionnées comme ayant le pouvoir de causer l'état de *tabou,* cependant elles ne sont jamais désignées comme étant tombées au pouvoir des diables ou des sorciers ou comme se trouvant sous la protection d'un dieu personnel. On doit ajouter qu'elles n'apparaissent jamais dans les psaumes de pénitence privés. A moins que quelque raison solide puisse être mise en avant pour expliquer cette exclusion presque totale des femmes des fins de la religion et de l'intérêt des dieux, je crois pouvoir avancer cette proposition que, quand les textes se rapportent aux pécheurs, aux souffrants et aux pénitents sous le titre de « fils de leur dieu », ils doivent aussi s'appliquer également aux femmes. Les Babyloniens supposaient que des esprits résidaient dans leurs corps et qu'il y avait entre eux et les grands dieux du ciel et de la terre une alliance pour maintenir l'homme dans la grâce. Nous en inférons qu'aucun individu, à moins d'être un roi, ne supposait qu'un de ces grands dieux pût condescendre à agir comme sa déité personnelle.

Dans la période la plus ancienne, la conception de *tabou* semble avoir été extrêmement concrète. Opposés à la foule de dieux qui occupaient des positions nettement différenciées dans un vaste panthéon, il y a des esprits malins, concepts clairement personnifiés, survivances d'une ancienne croyance animale ou puissances méchantes de la mort. Je ne crois pas que les Sumériens et Babyloniens, du moins antérieurement à l'année 2000 environ avant Jésus-Christ, soient jamais arrivés à la conception d'un pouvoir mystique bon ou mauvais résidant dans les personnes ou dans les choses, de façon à les isoler du monde environnant. Un homme possédé par les pouvoirs du malin était éloigné de son dieu personnel, parce qu'un démon avait attaqué celui-ci et avait chassé du corps de cet homme sa déité protectrice. Dans cette période ancienne, il semble qu'il n'ait pas existé d'élément moral dans le cas ci-dessus. Si un homme devenait *tabou,* étant possédé

par quelque immonde et dangereuse force qui l'eût rendu profane, l'eût atteint par des souffrances corporelles ou des angoisses morales, cela arrivait à peu près uniquement parce que, à un moment inopiné, un démon s'était emparé de son corps ou avait dompté le dieu qui l'habitait et avait chassé ce dieu hors de lui. Depuis vraiment l'aube de l'histoire jusqu'au dernier siècle avant notre ère, cette doctrine extrême de démonologie a occupé la place la plus élevée à Babylone, et, ainsi que nous le savons tous, elle s'est répandue dans la dernière période chez les peuples sémitiques de l'ouest et, de là, dans le monde grec.

A partir de la première dynastie, des conceptions plus morales et plus abstraites commencèrent d'apparaître. Le second développement offert par l'histoire de la magie babylonienne semble avoir été la sorcellerie, ou le pouvoir de maudire un individu par l'acte de parler en ventriloque, par des mouvements mystérieux ou par des opérations sympathiques. Nous n'avons pas de documents qui nous permettent de découvrir comment les Babyloniens supposaient que des êtres humains pussent participer aux fonctions des anciens démons. Lorsque la sorcellerie apparaît, nous nous trouvons encore en présence de la même conception touchant l'homme. Les sorciers attaquent également les dieux protecteurs. Mais la méthode n'est pas devenue une lutte physique entre un démon invisible et une déité invisible pour la possession de l'âme et du corps de l'homme, mais un combat entre un sorcier humain et la déité protectrice. Et maintenant la lutte n'est plus un combat direct entre les esprits, mais un effort pour dompter par l'art des ténèbres la déité qui habite l'être humain.

Le procédé qui paraît avoir été le plus ancien est celui de chuchoter et de lancer des jets de salive. Les nombreux procédés de magie sympathique, telles que la confection d'images représentant l'homme que les sorciers désirent enchaîner par les puissances malignes, l'action de maudire ces images, de les insulter, etc., de prendre de la terre sur laquelle cet homme a marché et de la maudire, — tous ces procédés semblent être apparus assez tard dans l'évolution de la magie. Naturellement, cette seconde phase implique une conception du *tabou* beaucoup plus abstraite que la possession par un démon personnel. Si un homme pouvait être possédé par les puissances malignes au moyen de mystérieux murmures et de signes

étranges, cela impliquait que les sorciers, en prononçant des mots, domptaient une force terrible. Or le mot sumérien pour désigner cette force, qui devient une énergie cinétique à la disposition des personnes aptes à la dompter, est *namerimma,* dont le sens général est mieux rendu en anglais par le mot « curse », « une invocation de destruction ». Dans nos textes, ce mot apparaît d'abord vers 2400 ans avant Jésus-Christ, avec le sens de « serment », c'est-à-dire d'invocation au nom des dieux, renfermant une malédiction contre ceux qui manquent à leur parole.

C'est du serment que les Babyloniens tiraient naturellement cette idée de dompter tant les dieux que les démons ou, pour nous exprimer d'une façon plus abstraite, de maîtriser tant le pouvoir divin que le pouvoir malin au moyen de mots et de formules sacrés. Cette conception du serment mène à deux conséquences. D'un côté, les prêtres consacrés deviennent convaincus de l'idée que certaines formules mettent les pouvoirs des puissants dieux à leur disposition. D'un autre côté, le sorcier remarque qu'en violant son serment, l'homme s'aliène lui-même les dieux. Sa propre déité protectrice l'abandonne par dégoût. Il devient *tabou,* il est la proie des démons, du malheur et du remords. L'élément moral du péché n'est pas tout d'abord apparent dans l'acte de violer son serment. Les anciens prêtaient des serments principalement parce qu'ils arrivaient à cette conclusion: « Les mots du serment domptent les puissances malignes ». Le sorcier prétend alors qu'il peut lui aussi dompter les démons au moyen de mots. De toute façon, l'art de la magie négative ou maligne provient certainement de la même idée que l'homme peut causer le *tabou* en murmurant et en prononçant d'une manière étrange certains mots. C'est pourquoi l'on a désigné cette faculté par l'expression de *namerim* ou malédiction, et les Sémites ont traduit ce mot par *mamit,* mot dérivé d'une racine sémitique commune, *wamā, îmā,* maudire, un mot qui, en arabe, signifie généralement « faire des signes ». Mais la signification arabe n'est probablement pas primitive; on a employé le mot, j'ose le dise, d'abord avec le sens d'« enchanter au moyen de la malédiction », puis avec celui d'« enchanter », et, quand les méthodes de sorcellerie au moyen des signes vinrent à être employées, le verbe prit le sens de « faire des signes ».

Mais tout cela est peut-être un peu technique, et le lec-

teur peut déjà avoir l'impression que les philologues ne se sont tellement attachés à leurs racines et à leurs dérivés que parce qu'ils ne peuvent arriver à se rendre intelligibles ou intéressants. Toutefois cette conception de *mamit* est fondamentale dans l'exposé de cette grande religion, et je ne crains pas de dire qu'on ne trouvera nulle part aucun exemple aussi clair de la manière dont l'esprit humain atteint les idées abstraites de la magie et des serments. Les prêtres ainsi que les sorciers emploient le *mamit* et la malédiction comme des choses qui sont effectivement dans leur possession. Quand le *mamit* représente la malédiction des prêtres contre les démons, il est souvent considéré comme une déesse, précisément de la même façon que les anciens personnifiaient la justice, la droiture, ainsi de suite. Quand il représente la malédiction des sorciers, le mot paraît convenir à une puissance maligne abstraite, peut-être identique avec le *tabou*.

En fait, la large série d'idées qui dérive de cette conception conduit à une troisième phase de la magie. Dans la dernière période, un homme peut tomber sous le pouvoir de *mamit* par suite de la plus légère inadvertance, en touchant un vase malpropre, en se trouvant en contact avec des personnes qui sont *mamit*, en étant méchant pour son père, sa mère, sa sœur ou son frère, en pesant avec de faux poids, par toute conduite immonde qu'il soit possible d'avoir. La faculté de faire peser sur quelqu'un la malédiction de *mamit* par l'intermédiaire du péché apparaît tardivement dans la religion babylonienne. Je doute fort que cette idée soit antérieure à la période cassite. On verra que la conception est alors devenue extrêmement abstraite. La « malédiction » est tout à fait distincte de l'idée de dompter les forces malignes par des mots, quoique la vieille expression de *mamit* ou « invocation » subsiste. Dans cette phase, l'élément éthique prédomine. Le péché force les dieux à abandonner l'homme, et alors celui-ci devient directement la proie de *mamit*. Pour l'esprit des Babyloniens, il est impossible aux personnes ou aux choses d'exister sans se trouver sous l'influence d'une puissance divine ou démoniaque. Cette conception provient de ce que les dieux protecteurs, croit-on, refusent d'habiter dans le corps d'une personne malhonnête, d'un criminel ou d'un méchant homme. Les prières pénitentielles reviennent sur cette idée avec une régularité monotone.

Ceci représente un degré dans l'évolution de la magie et de la religion et où l'idée même de *mamit* est devenue indistincte, s'est dissipée dans un sentiment vague de profanation. C'est même une conception générale du pouvoir démoniaque qui semble s'être évanouie dans ces élans si élevés des hymnologues babyloniens. Mais on ne peut pas supposer que les quatre phases qui ont été décrites de la magie apparaissent successivement dans l'ordre chronologique. Je n'ai pas l'intention de dire qu'une première période de démonologie a été suivie par une seconde période de sorcellerie qui employa le *mamit*, lorsque la démonologie n'était plus pratiquée. La possession par les démons continua d'être admise jusqu'à la fin. Les mêmes archives d'Assurbanipal qui nous fournissent l'hymne cité plus haut, et dans lequel la magie a presque disparu, nous fournit aussi de nombreux rituels contre les démons; ces rituels étaient aussi actifs 300 ans avant Jésus-Christ que dans les phases véritablement les plus anciennes de la religion. Ce que je veux dire, c'est que nous pouvons découvrir enfin quatre phases dans l'évolution de la magie, à savoir la démonologie, la sorcellerie au moyen de *mamit*, l'apparition de causes morales pour le *mamit* en connexion avec une idée abstraite du *tabou*, et une phase finale, caractérisée par une conscience profonde du péché. Dans la dernière période, la démonologie et la sorcellerie sont plus apparentes et persistent côte à côte avec des conceptions plus morales.

Mais, avant d'entrer dans l'illustration plus concrète de ces aspects de la magie, je voudrais aborder la question de savoir si la magie a réellement dans la première période quelque rapport avec la religion. La façon particulière dont je suis cultivé me permet à peine d'exprimer une opinion sur ce difficile problème, dont la solution dépend tout spécialement de la façon dont on définit la religion. Si nous enfermons dans ce terme n'importe quelle relation en vertu de laquelle l'homme se soumette aux dieux, alors la magie et la démonologie forment dès le début une partie intégrante de la religion. Évidemment, l'objet des premiers magiciens-prêtres a dû être de découvrir les moyens par lesquels les démons pourraient être expulsés du corps d'un homme et le dieu protecteur de l'homme amené à rentrer dans ce corps. Aussi longtemps que la religion suméro-babylonienne considéra le mal comme le résultat des attaques des démons, elle ne put pos-

séder de procédés pour produire la possession démoniaque. La magie maligne, ou sorcellerie, est sûrement postérieure; peut-être est-elle apparue des milliers d'années plus tard que la magie blanche ou les rites ecclésiastiques qui domptent les dieux bienfaisants. La sorcellerie, tout comme l'idée générale de *tabou,* semble être sortie d'une idée religieuse, précisément celle de dompter la force divine par des formules données. La magie primitive et positive provient nécessairement de l'effort pour rétablir les relations de l'homme avec ses dieux.

Mais la religion babylonienne présente à cet égard un problème de la plus haute difficulté. Depuis la période historique, les prêtres de la magie qui étaient consacrés dans les mystères de l'incantation, qui étaient invités à toute occasion à combattre contre les démons et contre le *mamit,* semblent avoir été exclus des temples, et ils n'ont certainement pas participé à la direction du culte public. Le culte dans le temple suméro-babylonien consiste dans le fait de chanter de longues litanies caractérisées par des refrains funèbres, des mélodies musicales compliquées, aboutissant par de tristes développements au son lugubre de la flûte. Il n'y a pas de cérémonies magiques, de sacrifices d'aucune espèce pour accompagner ces longs rites. La magie, par conséquent, ne joue pas de rôle à l'origine de la religion sumérienne en tant qu'on trouve dans la religion un aspect social et collectif de la société humaine. Cette ligne de démarcation entre le culte public et le culte privé est indéniable, et elle est caractéristique de la religion sumérienne.

L'exposé présenté ci-dessus du progrès des idées babyloniennes touchant les forces malignes et la méthode dont celles-ci opèrent laisse nécessairement de côté l'aspect positif, et également important, de la magie, qui sert à l'homme pour combattre les démons et la malédiction du mal. La forme la plus ancienne de magie sumérienne doit avoir été celle qu'on employait pour combattre les démons. Il n'y avait pas besoin de l'art des ténèbres pour produire le *tabou,* car ces pouvoirs personnifiés du mal cherchaient constamment le moment opportun pour prendre possession de l'âme et du corps. Dès lors, nous n'avons pas encore atteint aux sources les plus anciennes de la magie.

Dans un système semblable, l'homme primitif, je veux dire le premier homme historique, a recouru à la magie dans le but

de dompter les pouvoirs des dieux et de les employer contre les démoins. Or, tous les grands dieux, excepté les dieux célestes, tirent leur origine des éléments naturels. Bien que, tout à fait à l'aube de l'histoire, ces dieux fussent arrivés à posséder une personnalité complète, il y avait cependant une relation mystique entre la déité et l'élément naturel duquel elle sortait. Ainsi le grain possédait des relations mystiques avec la déesse du grain. Quand le blé ou l'orge était brûlé sur les autels, c'était le corps de Nidaba ou d'Ashnan, les déesses du grain, qui montait dans la fumée pour appeler les grands dieux à l'aide de l'humanité. Une ligne de farine de seigle ou d'orge répandue sur le seuil de la porte protégeait la maison contre les démons, car la déesse du grain gardait l'entrée de cette maison.

C'est l'eau qui était la plus communément employée pour invoquer une intervention divine, car c'est sur cet élément que régnait Ea, le dieu de la sagesse, prince de tous les magiciens. Les herbes, le sol, les pierres et les métaux, toutes ces substances avaient un pouvoir sur les démons. Mais l'eau et le grain constituent naturellement les principaux éléments de la magie primitive. Je me demande si quelque ordre de prêtres possédait aux temps préhistoriques une action spéciale sur la magie de cette espèce. En fait, cet ordre arrive à la prééminence à une époque comparativement tardive. Ce n'est peut-être pas antérieurement à l'an 3000 avant Jésus-Christ que nous pouvons parler de prêtres consacrés qui aient acquis les prérogatives de la magie.

Les citations qui suivent illustreront les conceptions apparues dans la plus ancienne période. La première incantation connue a été trouvée sur une petite tablette d'argile, et elle concerne l'emploi du sel. Il n'y a aucune déité connue pour avoir été l'objet d'un culte spécial du sel; mais les anciens considéraient cette substance comme particulièrement efficace. Nous rencontrons toutefois dans la pensée du rédacteur une inconséquence que je n'arrive pas à comprendre. N'importe quelle substance dans son état naturellement pur apparaît comme ayant eu un pouvoir propre pour détourner les démons. Ceux-ci ne pouvaient attaquer l'homme, si l'homme était défendu par l'eau pure, ou le grain, ou certaines plantes.

D'autre part, ce sont ces mêmes substances qu'on supposait attirer les démons qui étaient tombés sur les hommes et

les possédaient. Les hommes possédés par les diables étaient frottés avec de la farine, aspergés avec de l'eau, touchés avec du sel, et pendant ce temps le prêtre de l'incantation ou le patient lui-même murmurait une prière à l'adresse de quelque dieu. Pendant la récitation des incantations, on supposait que les diables étaient attirés vers les substances appliquées, qui étaient alors lavées dans un réceptacle et emportées au loin dans un endroit solitaire. Ainsi, ces substances non seulement aidaient à l'œuvre de soumettre les démons, mais les recevaient ainsi en fait et devenaient elles-mêmes *tabou*. Après une cérémonie semblable, elles étaient considérées comme plus dangereuses et capables de transmettre le pouvoir démoniaque au passant imprudent. Je voulais ici seulement attirer l'attention sur une curieuse inconséquence, et plus loin on dira davantage de choses sur cette méthode d'expiation. Pour revenir à notre ancienne tablette, ce qui suit en est la traduction:

> « Oh! taureau noir de l'abîme, toi, lion de la sombre demeure, ... toi de la ville Marada, par le Dieu Soleil qui remplit le monde, par Innini qui . . . . , quant à moi qui me tiens avec les mains croisées sur mon cœur, que cette formule sacrée, cette incantation de la 'maison de lumière', soit avec le sel déliée. C'est une incantation dite pendant que le sel est placé dans la main ».

A cet endroit, le patient appelle le dieu Marduk, le fils du dieu de l'eau, pour être délivré par lui du pouvoir de quelque démon. Pendant la récitation de cette formule, le sel est placé dans ses mains. Le facteur réellement efficace de cette magie primitive paraît avoir été l'eau, le grain, le sel, etc., mais, plus tôt ou plus tard, l'invocation ou la prière doit avoir été considérée comme ayant elle aussi une certaine action. En fait, les prières les plus belles de la littérature babylonienne sont celles que disaient les hommes qui aspiraient à être délivrés de la puissance démoniaque. Pour donner un exemple, voici des passages d'une incantation de cent cinq lignes à Ishtar, la déesse-mère: on pourrait supposer qu'on a à faire à un psaume ou à un hymne de l'ordre spirituel le plus élevé:

> « Je prie vers toi, oh reine des reines, déesse des déesses,
> Oh! Ishtar, reine de tous les habitants, toi, guide de l'humanité ».
> « Où n'es-tu pas exaltée? Où n'es-tu pas renommée? »
> « Tu regardes avec bonté vers le dédaigné, et tu établis la justice pour ceux qui sont foulés aux pieds chaque jour ».

« Combien de temps te feras-tu attendre, oh! dame dont les pieds ne sont jamais fatigués, dont les genoux se hâtent? »
« Moi, ton serviteur, je crie vers toi, fatigué, angoissé, plein de tristesse ;
Regarde vers moi, o ma dame, accepte, ma prière ».
« Combien de temps ma maison sera-t-elle troublée, ma maison qui se lamente amèrement? »
« Mon persécuteur et mon ennemi m'attend ».
« Dirige mes pas, pour qu'heureusement et fièrement à travers la vie je puisse poursuivre ma route.
Dis le mot tel qu'à ton commandement le méchant dieu ait pitié ».

Cette prière est accompagnée du rituel suivant, qui s'applique au prêtre:

« Tu t'agenouilleras aux pieds. Le toit, tu le balayeras et l'aspergeras avec de l'eau pure. Quatre briques sur un silice tu placeras. Un agneau tu prendras; avec du *saule-blanc* tu rempliras l'encensoir et tu y mettras le feu: de belle farine d'encens et de cyprès tu verseras dessus. Une libation tu offriras, mais sans t'incliner. L'incantation suivante pour Ishtar trois fois tu répéteras: *Ki za-za-ma?*[1] Derrière toi tu ne regardera pas ».

Ce rituel d'expiation est séparé au moins par 2000 années du rituel du sel qui vient d'être décrit et pourra souligner non seulement le progrès des conceptions religieuses, mais encore leur persistance. Dans le rituel de la dernière période, le pécheur ou le patient est affecté par la tristesse ordinaire aux hommes et qui consiste dans une conscience tourmentée et une souffrance corporelle. Cette condition est difficilement considérée comme *tabou,* mais elle est causée par le fait que le péché a conduit le dieu protecteur à abandonner le corps de l'homme. Mais si les Babyloniens se libéraient eux-mêmes de cette notion de *tabou* produit par l'un des systèmes précédemment définis, pourquoi chercheraient-ils une expiation par des moyens tirés de cette magie primitive? Le magicien, il est vrai, n'applique aucune substance sur la personne maudite, pour amener le démon ou la malédiction à passer dans la matière d'expiation, mais il prescrit au patient de ne pas regarder en arrière, après que la formule finale aura été prononcée. Les prescriptions rituelles sont si abrégées que nous n'avons pas le moyen de savoir si l'agneau est employé comme un *bouc émissaire* et envoyé au désert, ou s'il est tué et ses

[1] Nom d'une incantation inconnue.

morceaux disposés de façon à correspondre aux membres de l'homme, ou si c'est un simple sacrifice à Ishtar.

J'ose affirmer, en m'appuyant sur d'autres rituels qui sont plus explicites, que, même dans ces cérémonies spirituelles, les Babyloniens n'ont jamais échappé à un sentiment persistant de démonologie et de *mamit.* Dans la dernière période, les prières occupent une place importante; l'un des traits les plus frappants de la religion babylonienne est la combinaison persistante de conceptions hautement morales et spirituelles avec la magie, qui demeure aussi fruste pendant la période perse qu'à l'aurore de l'histoire. Mais nous n'avons pas besoin de regarder loin pour trouver des parallèles. Les psaumes hébreux, qui sûrement se placent parmi les productions les plus spirituelles de l'humanité, sont connus pour avoir été chantés à des cérémonies caractérisées par les rituels les plus grossièrement magiques. Comment refuserait-on d'admettre que cette combinaison d'une expression largement spirituelle avec la magie n'ait pénétré dans le christianisme et ne constitue encore à la fois sa force et sa faiblesse.

C'est une des caractéristiques de la magie babylonienne de faire débuter le rituel proprement dit par des longues disputes théologiques concernant les démons qui ont lié un homme, le dieu qui est invité à le maudire et la principale substance employée dans le rite. Ainsi, l'un des rituels prescrit qu'une branche de l'arbre sacré appelé *kiškanū* devra être placée à la tête de la personne ensorcelée: originairement, c'est un simple objet de magie contagieuse; le rituel a été arrangé par les théologiens de façon qu'il paraît tout d'abord être un fragment d'épopée mythologique:

> « En Eridu a poussé le sombre arbre *kiškanū*, ici, à une place sacrée.
> D'aspect, il est comme le lapis-lazzuli et il atteint jusqu'au fond de la mer.
> Ainsi par les actes du dieu de l'eau, Eridu a été rempli de gloire.
> Sa maison est sur la terre,
> Et sa chambre à coucher est le lit de la déesse de la rivière,
> Dans cette demeure pure, dont l'obscurité est comme la forêt.
> Mais là-dedans est le dieu du soleil et Tammuz,
> Au confluent des deux rivières.
> Les trois dieux, « à la riche bouche », « aux yeux pleins de jeunesse »
> Ont touché cet arbre *kiškanū* et prononcé la malédiction de la mer
> A la tête du patient il l'ont placé ».

Ainsi, de même, dans le rituel bien connu contre le mal de dents, que les anciens supposaient être causé par un ver, l'incantation relate en termes magnifiques comment Anu a créé le ciel, et le ciel a créé la terre, et la terre a créé les rivières, et les rivières ont créé les canaux, et les canaux ont créé les marais, et les marais ont créé ce ver. Comme le ver pleurait devant les dieux et demandait de la nourriture, les dieux lui ont donné à manger les dents de l'homme.

Cette curieuse méthode qui tend à décorer les pouvoirs du mal et du bien au moyen d'une histoire légendaire a sa raison d'être dans un système semi-métaphysique qui domine toutes les idées babyloniennes. Pour les Babyloniens, la réalité des choses consiste en leur nom, et non dans leur forme extérieure. Je ne traiterai pas la question de savoir comment ils conçoivent la réalité, mais je désire établir que les Babyloniens paraissent avoir considéré les noms des choses comme d'origine divine. Sans doute la légende a circulé parmi eux qui montrait comment Ea était sorti de la mer et avait révélé à l'homme les noms des choses. Cette hypothèse peut être vraie ou ne l'être pas, mais, en tout cas, tous les noms et en conséquence toutes les choses possèdent une histoire légendaire. C'était pour assurer le bénéfice total de leur pouvoir qu'une définition exacte semblait nécessaire. Le fait d'employer particulièrement les mots de dieux, de démons, de choses sacrées, sans connaître leur signification et leur histoire, n'était qu'un pur exercice verbal. Dans l'usage de ces termes, le savoir était une puissance. C'est seulement en connaissant le nom réel et le caractère du démon que le magicien pouvait espérer de le mettre au pouvoir de ces puissances divines dont le nom était employé par lui avec une égale adresse.

Dans la période ancienne de la magie babylonienne les prêtres employaient des méthodes qui étaient exclusivement en rapport avec la magie positive ou bienfaisante. Quand la sorcellerie naquit, les tenants de cet art scélérat apprirent, ainsi que nous l'avons vu, à maudire les hommes en employant des mots, des actes mystiques, le mauvais œil, les cornes avec les doigts pointés en avant, la magie sympathique, etc. D'abord, les prêtres combattirent cette nouvelle idée de *mamit,* cette idée de la malédiction grâce aux mêmes méthodes que celles qu'on avait adoptées contre les démons. J'ose dise que l'idée

de produire un envoûtement au moyen de mots ou par la magie sympathique a tout d'abord eu une signification maligne. C'était un art qui complétait la primitive démonologie.

Mais les prêtres virent tout de suite que, si le *mamit* pouvait être employé par les sorciers, la malédiction au nom des dieux pouvait également bien servir à invoquer la puissance divine. Et ils commencèrent à adopter d'autres méthodes de sorcellerie et spécialement la magie sympathique. Si les sorciers attachaient avec des cordes noires l'image en argile d'un homme, et plaçaient ensuite l'homme sous le *mamit*, alors il s'ensuivait que l'image du sorcier faite en argile et attachée avec des cordes noires contenait vraisemblablement son pouvoir. On notera ici en passant que, aussitôt qu'un sorcier était envoûté, le pouvoir qu'il avait de produire le *mamit* était contenu et le *tabou* était également écarté. J'arrête ici mon développement, en faisant remarquer que les prêtres considéraient les sorciers comme les véritables successeurs des diables.

Dans l'évolution de la religion babylonienne, ces méthodes, tirées de l'art des ténèbres, constituent une partie importante et grandissante du rituel de l'expiation. L'idée de dompter la puissance divine par l'invocation est peut-être le principe le plus considérable de la magie primitive dans la dernière période. Le *tabou* produit n'importe quelle façon est rejeté au moyen de la formule: « Par le ciel, tu es maudit; par la terre, tu es maudit ». Prenons comme exemple une courte incantation contre la maladie appelée *ašakku*, qui est probablement une espèce de fièvre:

> « Oh! *Ašakku* qui apporte la maladie, puissant *Ašakku*,
> *Ašakku* qui n'abandonnes pas l'homme,
> *Ašakku* qui ne t'en vas pas,
> *Ašakku* qui ne vas pas au dehors,
> Par le ciel, tu es maudit; par la terre, tu es maudit ».

Cette formule, quand elle était employée par les prêtres consacrés, était supposée mettre en action contre le *tabou* le *mamit* divin ou la malédiction. La magie était par conséquent réduite à un conflit entre la malédiction du sorcier et la malédiction du prêtre. En fait, nous trouvons le *mamit* régulièrement employé avec les deux sens dans les rituels récents.

Les textes cunéiformes contiennent en grand nombre des incantations analogues, dans lesquelles on ne fait pas allusion

aux grossières méthodes ordinaires de la magie. Les documents que nous employons actuellement confirment certainement l'idée que les Babyloniens ont graduellement mis de côté les aspects les plus grossiers de l'expiation et donné une plus grande importance aux méthodes qui dépendent de la volonté et de la foi. Ces incantations nous paraissent assez grossières sous cette forme, mais nous ne devons pas négliger de constater la valeur de ce mouvement religieux, qui s'est produit seulement après environ 3000 ans d'expérience religieuse. Il y a dans les meilleurs exemples de *mamit* un progrès évident dans la croyance religieuse: il consiste dans la tendance à dompter le diable par la volonté de croire. Et cette tendance se laisse mieux découvrir dans les belles prières qui étaient employées comme incantations. Ces deux signes de progrès dans la pensée religieuse, l'emploi du serment et celui de la prière, ne devaient plus être séparés. L'idée de prière est naturellement une forme encore plus élevée de la magie que l'idée de serment. Mais, en Babylonie, la prière est le produit direct de la plus vieille idée de dompter les dieux par des formules sacrées. Une semblable magie implique la foi et une volonté de croire; bien que l'idée de persuasion soit encore absente ici, cependant nous pouvons considérer volontiers que c'est par suite d'une impérieuse obligation que l'esprit de l'homme est arrivé à l'idée de foi, dès qu'il a abouti à une conception moins élevée de ses dieux. Je ne puis me rendre compte pourquoi ce résultat porterait tout à fait atteinte à la nature de l'homme, si nous trouvons qu'après tout la forme la plus élevée d'expression religieuse pour lui fut le produit d'une longue évolution de la magie. De toute manière, la religion babylonienne nous fournit une certitude tout à fait nette en cette matière. Le prêtre consacré dit sur le corps d'un homme qui est supposé être au pouvoir du diable: « Par le dieu du soleil, tu es maudit ». Dans une autre forme de rituel, ce même homme répète une prière:

« Oh! dieu du soleil, juge du ciel et de la terre, seigneur de ce qui est en haut et en bas,
Toi qui délivres le lié, donnes la santé aux mourants,
Qui dissipes l'obscurité et apportes la lumière,
Moi, tel et tel, fils de tel et tel, ton serviteur, je me tourne vers toi, je te cherche.
Éclaire mon obscurité, guéris mes souffrances,

Applanis mes difficultés: au milieu des signes et pronostics mauvais,
Des ruses et de toute la sorcellerie de l'homme
Qui fatigue mon âme, délivre-moi.
Défais ma malédiction et accorde-moi la vie ».

L'objet fondamental tant de la malédiction que de la prière, c'est de dompter la puissance divine pour des entreprises purement magiques. La prière citée ici ne représente pas la meilleure des productions spirituelles des Babyloniens, mais elle servira à illustrer l'évolution qui va de la malédiction à la prière. Naturellement, le changement graduel qui nous fait passer de la magie matérielle à la magie mentale et spirituelle a marché *pari passu* avec les conceptions les plus hautes du *tabou* que j'ai tenté d'analyser. L'idée que le *tabou* est causé par le péché doit avoir eu une grande influence en déterminant le passage du *mamit* à la prière.

Bien que nous puissions choisir des prières qui paraissent échapper à toutes les entraves de la magie, cependant la plupart de celles-ci portent la marque livresque ou littéraire de l'« incantation ». On doit admettre que les Babyloniens n'ont pas cessé de regarder la malédiction du prêtre comme l'acte significatif de la délivrance du *tabou*. Car c'est précisément à l'époque de la meilleure culture que l'élévation du *mamit* au rang de divinité a été répandue, et cela est assez curieux, tant dans le bon que dans le mauvais sens. Une incantation pour détourner les puissances mauvaises lors de l'obscurité de la terre dit que les démons femelles ont été créés quand le ciel et la terre ont été créés, et qu'à ce moment le *mamit*, la malédiction, a été créé. « Tu es Mamit (qui maudit) sans coupe ni vase », dit la même incantation. Ainsi, les théologiens supposaient que les sorciers, au moyen de leurs murmures, domptaient un démon femelle de la malédiction, dont ils dirigeaient le pouvoir contre l'homme. Mais, le plus souvent, la déesse de la malédiction est une personnification du pouvoir magique exercé au moyen des mots des prêtres. Nous possédons un texte où cette personnification est particulièrement évidente:

Oh! Mamit, Mamit, dessein qui ne peut être transgressé,
Dessein des dieux que personne ne peut dépasser,
Dessein du ciel et de la terre que personne ne peut changer,
Qu'aucun dieu ne peut annuler,
Que dieu ou homme ne peut défaire,
Piège qui ne peut être évité, qui pour le méchant est établi,
Filet auquel personne n'échappe, qui est tendu pour le méchant ».

Dans les pages précédentes, notre objet était de donner l'analyse abstraite des progrès et des catégories de la magie suméro-babylonienne. Et ce sujet est si vaste que la majeure partie de l'espace qui nous est alloué pour le traiter est occupée seulement par un rapide exposé de la matière. Mais la valeur des cas spéciaux en magie dépend beaucoup de notre habileté à les distinguer dans leur véritable action. Sans doute, après ce qui a été dit, on pourra mieux saisir quelques exemples typiques de la magie tant négative que positive choisis exclusivement dans la dernière période.

Un exemple excellent de magie sympathique est contenu dans un rituel pour chasser les diables du corps d'un roi qui semble avoir été dangereusement malade. Le prêtre amène une chèvre de la campagne, et ayant placé une flèche d'un arc dans la main du roi, lui dit de viser la chèvre. L'incantation, à ce moment, s'exprime comme suit:

« Quand le roi la chèvre avec l'arc vise,
Que les démons du mauvais sort, de la *fièvre*, de la maladie, de la sorcellerie, de la méchanceté,
. . . . . Tout le mal qui apparaît devant le dieu du soleil, tout ce qui dans son corps est,
Comme cette flèche dans son corps puisse-t-il être envoyé.
Que le roi, quand avec l'arc la chèvre il vise,
Nomme par son nom la méchante goule, le diable méchant.
Le roi, fils de son dieu, prononce net, envoie hors ».

Les textes parlent ordinairement du *tabou* comme d'un acte servant à lier les membres et le corps d'un homme, et dès lors l'expression la plus ordinaire pour désigner l'acte de délivrer une personne du charme sous lequel elle est, c'est « délier celle-ci ».

La méthode la plus constante consiste-t-elle dans l'emploi de cordes qui sont liées autour du corps ou du lit et qui sont alors brisées en signe que le charme est brisé. Le meilleur exemple de cette espèce est le suivant:

« Vers les femmes du temple elle (la déesse Ishtar) a dirigé ses pas,
Ishtar les femmes de son temple a convoqué.
Une femme habile au rouet elle a fait asseoir.
De laine blanche et de laine noire une double corde sur le rouet elle a filé.
Une forte corde, une grosse corde, une corde bigarrée, une corde qui fait disparaître la malédiction (*mamit*).

Contre le tressage méchant de la malédiction par les hommes,
Contre la malédiction des dieux,
Une corde faisant disparaître la malédiction.
(Avec elle,) la tête et la main de cet homme sont liées.
Et Marduk, le fils princier d'Eridu, avec ses saintes mains la brise.
La corde de la malédiction dans les champs, dans un endroit propre, prends-la.
Que la méchante malédiction se tienne à l'écart!
Que cet homme soit propre, soit pur!
Aux mains bienfaisantes de son dieu qu'il soit confié ».

Dans ce procédé, nous trouvons un mélange de magie sympathique et de magie contagieuse. Le charme est rompu de même que la corde est cassée, et ce n'est pas seulement parce que le *tabou* passe dans la corde exactement de la même façon que dans les substances dont on se sert pour l'expiation.

Nous remarquons aussi l'expression de « place propre », pour l'endroit sur lequel sont placées les substances chargées du *tabou*. Ce terme technique est commun tant à la magie babylonienne qu'à la magie hébraïque, et il a été généralement interprété comme un euphémisme. Les savants supposent que ce terme signifie en réalité une « place malpropre », « une place maudite ». C'est comme si l'on disait que le peuple babylonien considérait certains endroits comme *taboués* d'une façon permanente, comme *taboués* officiellement, si je puis me permettre cette expression, comme étant dans une situation qui n'aurait jamais été autorisée. Pour lui, la nature, dans son état ordinaire, est propre, et, si je comprends bien la magie babylonienne, le *tabou* ou les démons ne peuvent être transférés dans des choses déjà *tabouées*. Nous savons par exemple que les Hébreux envoyaient le bouc émissaire au désert pour emporter l'impureté du peuple vers le démon satyre Azāzel. Mais il y a beaucoup d'arguments en faveur de la thèse qu'Azāzel est le génie des troupeaux, un démon bienfaisant. Les Hébreux supposaient probablement qu'ils envoyaient le bouc émissaire auprès de son divin patron, qui était capable de disposer des forces démoniaques. Et je me permets de soutenir la même théorie en ce qui touche le terme de « place propre ». L'une des idées fondamentales des systèmes babyloniens concernant le monde, c'était de voir dans les objets de la nature, l'herbe, le pain, les eaux, ainsi de suite, un rapport mystique avec les dieux. Quand les Babyloniens plaçaient les substances dangereuses à terre, dans le désert, c'est probablement qu'ils sup-

posaient que les puissances divines de la terre et du ciel, par lesquelles ils maudissaient si souvent les diables, disposeraient de ceux-ci pour toujours. Ces vues étaient opposées à l'idée qui est considérée presque comme un canon de l'interprétation biblique. En tous cas, le rituel hébraïque et le rituel babylonien doivent être interprétés l'un avec l'autre, et l'ancien point de vue n'est pas d'accord avec les façons de penser des Babyloniens.

Dans la magie hébraïque, le sang paraît avoir été la substance la plus importante de l'expiation, comme l'eau dans la magie sumérienne. Si l'on considère la grande influence que la magie babylonienne semble avoir exercée sur les rituels hébraïques, il est curieux de constater qu'elle n'a pas réussi à bannir de ceux-ci cette grossière pratique sémitique. Les Sumériens formaient un peuple cultivé, trop affiné pour se permettre d'avoir des idées d'une pareille brutalité, et ils sont parvenus à enseigner à ces Sémites, avec lesquels ils se sont trouvés en contact, une forme plus pure de magie. Le sang des animaux n'apparaît pas en Babylonie comme ayant été une substance purifiante. On nous parle de rituels qui sont assez grossiers, comme ceux qui concernent le dépeçage d'agneaux, le placement des parties de leurs corps sur les parties correspondantes du corps des malades, la tête à la tête, les pieds aux pieds, et ainsi de suite, forme inférieure de magie contagieuse. Mais l'expiation par le sang n'est pas en jeu ici, et quand des lieux doivent être consacrés ou purifiés rituellement, ils sont balayés et aspergés avec de l'eau, non avec du sang. Les prêtres semblent avoir été consacrés par le baptême, du moins nous l'inférons d'un des titres des prêtres de la magie (*ramku*), et oints avec de l'huile. Les Babyloniens ne pouvaient avoir aucune doctrine développée de consécration, par laquelle les hommes pussent posséder une sanction ou une force mystique. Leur théologie rendait l'idée de la consécration impossible, car si un homme dans son état naturel était possédé par un dieu et une déesse, il était déjà divin. La consécration des prêtres avait pour les Babyloniens plutôt un sens social qu'une signification magique. C'est seulement dans un sens négatif qu'on peut dire qu'elle a quelque importance; le baptême et l'onction, semble-t-il, assuraient l'immunité contre les puissances mauvaises, mais ce rite ne pouvait pas être accompli également en faveur d'hommes ordinaires.

La consécration des édifices paraît avoir eu la même signification négative. Leur place était choisie par les devins, on chantait des psaumes et l'on faisait des offrandes aux dieux. Quand Nabopalassar, fondateur de la dernière dynastie babylonienne, établit les fondations de la grande tour à étages de Babylonie, les inscriptions qu'il y fit mettre portaient:

> « L'oracle du dieu du soleil, du dieu du tonnerre et de Marduk j'ai consulté.
> Par l'art des magiciens et la sagesse d'Ea et de Marduk j'ai purifié cette place ».

Je doute pourtant que les Babyloniens aient possédé un sentiment net de l'isolement des choses en raison de leur sainteté. A cet égard, les assyriologues doivent parler avec prudence, mais, aussi loin que va la certitude, il n'y a pas de raison pour prétendre que les Babyloniens aient eu des idées radicales en matière d'objets consacrés. Ils quittaient probablement leurs sandales et leurs chaussures en pénétrant sur un sol sacré, mais il n'ont pas établi de pénalité pour la violation de cette règle. Dans les textes de loi et les textes religieux, il n'y a pas d'allusion à la punition infligée pour la violation de places sacrées. En général, l'attitude des Babyloniens à l'égard des places sacrées a été, semble-t-il, purement sentimentale. Leurs temples, leurs autels, leurs statues étaient saints, parce que les rituels les avaient purgés de l'impureté, et ils étaient sacrés parce qu'ils étaient associés à la religion. Bien qu'ils aient exagéré l'importance de la magie dans la religion, dans la médecine et dans toutes les pratiques de la vie, ils n'avaient point de rituels que nous puissions désigner comme sacramentaires.

Nous possédons un rituel presque complet pour la consécration d'une maison ordinaire. Ce rituel servira à mettre en lumière les idées des Babyloniens en cette matière. Quand la maison est construite, le prêtre-magicien place à l'endroit choisi les images rituelles des dieux qui président aux divers métiers, tels que le dieu des charpentiers, celui des potiers, celui des briquetiers. Après avoir fait une aspersion avec de l'eau, le prêtre prie le dieu du soleil:

> « O dieu du soleil, seigneur du ciel et de la terre, constructeur de cités et de maisons tu es.
> Ordonner les sorts, dessiner les plans est dans ton pouvoir.

Cette maison que tel et tel, fils de tel et tel, construit, bénis-la.
Ordonne pour elle un heureux sort. Désigne pour elle une bonne destinée.
Vraiment voici une construction de brique apportant la paix à son constructeur
Et une maison apportant le bonheur à son auteur.
La maison qu'il a bâtie doit être solide.
Dans cette maison, qu'il goûte le bonheur.
Tout ce qu'il a formé de plans (dans cette maison), qu'il l'obtienne ».

Suit alors un rituel dont la signification est obscure. Le prêtre emporte hors de la maison l'image du dieu des briquetiers et la pose en dehors de la barrière du jardin. A côté de lui, le prêtre place sept jarres d'eau, sept rameaux pris à la cime de palmiers-dattiers, des provisions de pain, de miel et d'hydromel. Une offrande est faite et des gâteaux rôtis sont distribués. Puis le prêtre se tenant sur le bord de la rivière, prie le dieu de l'eau et son fils Marduk :

« O Ea et Marduk [le dieu des briquetiers (?)]
Et des provisions pour le dieu des briques [j'ai distribué].
Bénis la maison que le dieu des briques a construite.
Vraiment que ce soit une maison pleine de santé, apportant la paix à son auteur ».

Après une longue prière à ces dieux, le prêtre jette dans la rivière le dieu de la céramique. Il est certainement curieux que la déité qui préside à la construction de la maison soit ainsi maltraitée de cette manière. Le dieu des briquetiers est jeté dans un bateau à voile avec de la nourriture, et le prêtre crie à la rivière: « Emporte-le » :

« O dieu de la brique, par le ciel tu es maudit,
Et par la terre tu es maudit.
Par la mer tu es maudit.
Par les dieux qui habitent dans la demeure de l'ancienne assemblée, tu es maudit.
Va-t-en, sois rejeté! »

Alors le prêtre et le maître constructeur se retourneront, et pendant trois jours, ils n'entreront pas dans la maison. Grâce à un morceau cassé d'une tablette, nous apprenons enfin qu'une autre image du dieu de la brique est consacrée et mise dans la maison.

On notera que l'acte réel de la consécration dans cette

cérémonie, ce sont les prières aux dieux; une espèce de purification magique peut être attachée à l'action de rejeter la divinité qui présidait à la construction. Mais ici, comme partout dans la religion babylonienne, la magie presbytérale est un acte défensif, un procédé propre à repousser ce qui est vulgaire et malpropre, une cérémonie pour ramener l'homme et les choses à leur état naturel. La condition de sainteté par l'isolement semble avoir été étrangère à la mentalité des Babyloniens et opposée à leur théorie du monde.

Oxford, Jesus College.

S. LANGDON

(Traduit par M. Georges Bourgin - Paris).

AMOUR, LUXE ET CAPITALISME

Pour bien comprendre la genèse du capitalisme moderne, il est indispensable de se faire une idée précise des transformations radicales que les rapports des sexes entre eux ont subies depuis le moyen âge jusqu'à l'époque du rococo. Le moyen âge européen avait mis le phénomène cosmique de l'amour sexuel, comme toutes les autres manifestations humaines, au service d'un principe supérieur: Dieu. Tout amour sexuel qui n'était pas consacré à Dieu et conforme aux institutions était flétri du stigmate du péché. Une conception radicalement différente de la nature de l'amour commence, il est vrai, à se répandre à l'époque des trouvères, à partir du XIe siècle environ, qui forme d'ailleurs le point de départ de la laïcisation de la conduite sous tous les rapports; le terrible an mille était passé, de nouvelles mines d'argent furent découvertes, et les relations avec l'Orient commencèrent à dévenir plus suivies et plus étroites. Les troubadours provençaux firent retentir pour la première fois dans leurs chansons les accents d'un libre amour terrestre; apparus vers 1090, ils ont traversé une période florissante qui a duré du milieu du XIIe siècle au milieu du XIIIe. Le « Minnesang » nous apparaît aujourd'hui comme un genre sans vérité et artificiel. Expression prononcée de l'érotisme qui caractérise l'âge de la puberté, il se borne à diviniser la personne aimée et s'épuise dans la langueur et les gémissements, dans le rêve et l'adoration. C'est seulement avec le Trecento que nous abordons le terrain solide de la sensibilité naturelle; mais nous ne pouvons pas dire avec certitude si la mentalité des trouvères se continuait directement

dans la société telle que nous la trouvons réunie, par exemple, à la cour papale d'Avignon ou autour de Fiammetta, de Boccace. Il reste toutefois que l'état d'âme que réflète le *Décaméron* apparaît comme un effet immédiat des extravagances des siècles précédents; il exprime la réaction d'une saine sensualité contre un idéalisme démesuré, réaction qui ne revêt encore que des formes puériles; on dirait que les hommes venaient de découvrir les charmes de la jouissance sexuelle et qu'en arrachant voiles et draperies ils se préparaient des félicités insoupçonnées.

Vient alors le siècle de Titien au cours duquel l'âme et les sens se fondent dans une harmonie jusqu'alors inconnue. Mieux que les œuvres des poètes, des peintres, des statuaires, le *Traité théorique* de l'amour qu'a produit cette époque, celui d'Ascolani Pietri Bembo, nous montre l'affinement inouï que la vie amoureuse avait fini par acquérir. L'Italie était alors le seul pays où le culte de l'amour et de la beauté ait trouvé un refuge; la France était encore une maison de poupée. La culture italienne et, avec elle, le culte de la femme pénètrent en France avec les Valois. Au XVIIe et au XVIIIe siècles, la France devient la haute école de l'amour qu'elle est restée jusqu'à nos jours.

Quels rapports existent entre le mariage et l'amour? Montaigne a été le premier à soumettre ce problème à un examen théorique et à en tirer les conclusions les plus extrêmes et les plus radicales. Si l'amour est une jouissance et le mariage une institution sociale ou religieuse poursuivant beaucoup de très nobles fins, il en résulte non seulement que la satisfaction du désir amoureux est indépendante du mariage antérieurement conclu, mais encore que ces deux choses: amour et mariage, s'excluent mutuellement. Ce fut un fait important et décisif pour la marche de la civilisation que la société ait vécu pendant des siècles conformément à cette manière de voir et que pendant des siècles aussi certaines de ses couches aient considéré l'amour et le mariage comme deux choses nettement distinctes, ayant chacune ses droits propres à l'existence; c'est d'ailleurs ce qui a favorisé plus tard la renaissance des habitudes de vie de l'antiquité grecque d'abord, romaine ensuite. Lorsque l'amour libre commence à s'installer dans une société à côté de l'amour lié, les femmes qui s'adonnent à cet amour nouveau sont ou des jeunes filles appartenant à des familles

honorables et des femmes adultères ou des prostituées. Nous ne disposons pas de statistiques relatives à ces deux premières formes de l'amour libre. Mais c'est un fait connu que la prostitution augmente dans des proportions considérables à partir du moyen âge, et naturellement avant tout dans les grandes villes. Une statistique assez vraisemblable accuse 6800 « meretrices » à Rome (1490); chiffre relativement plus considérable (Rome ne comptait pas encore à cette époque 100.000 habitants) que celui qui nous est donné pour Londres et Paris à la fin du XVIII[e] siècle: 50.000 et 30.000. Mais, fait plus important encore, surtout au point de vue de la forme que revêt la culture extérieure, il s'introduit entre la « femme honnête » et la « putaine » une nouvelle catégorie de femmes, pour lesquelles les langues romanes possèdent les dénominations les plus variées: cortegiana, courtisane, concubine, maîtresse, grande amoureuse, grande cocotte, femme entretenue, etc. Avec ces femmes, l'amour, devenu un art libre, abandonne de nouveau la phase du dilettantisme, pour devenir une occupation de professionnelles. A la faveur d'un naturel processus de sélection, les femmes les plus douées se dégagent de la masse et se trouvent placées à même, grâce à la culture exclusive de cet art, d'y acquérir une certaine maîtrise.

« Cortegiana » ne signifie pas autre chose au début que dame de cour. Mais dès l'instant où une femme de l'entourage d'un prince d'Église entretenait avec les hauts seigneurs des relations qui n'étaient plus purement spirituelles, cette raison toute extérieure suffisait à faire de la « cortegiana » une courtisane. Ce qui a été commencé à Avignon, s'était continué à Rome, où la dame de cour était de par sa nature « illégitime ». Nous n'avons pas à entrer ici dans des détails au sujet des courtisanes des cours princières ni à nous étendre sur le régime des maîtresses; le système s'amplifie à mesure que les petites cours se détachent des grandes. A partir de la Réforme, c'est la France qui assume la direction de ce mouvement, les amantes de François I étant les premières maîtresses royales que nous ayons devant nous en chair et en os. Ce roi voyait dans la galanterie la raison d'être de la vie de cour, et la galanterie avait franchi le pas le plus important le jour où le roi a fait de sa maîtresse la première personne de la cour. L'influence de la cour sur tous ceux qui se considéraient comme faisant partie de la société était trop grande

pour que cette légitimation de l'illégitimité ne s'étendît pas aussi peu à peu aux libres relations amoureuses qui existaient en dehors de la cour. C'est alors qu'apparut la courtisane n'ayant rien de commun avec la cour: femme entretenue ou cocotte. Nous ne parlerons pas ici du développement ultérieur de la courtisanerie dans les grandes villes; ce qui a le plus contribué à la formation du type de la courtisane moderne, ce fut la circonstance qu'à partir de la fin du XVI[e] et du commencement du XVII[e] siècles, des femmes ont commencé à paraître sur les scènes parisiennes, coutume qui a été introduite en Angleterre sous Charles II. Les dames de théâtre, les danseuses de grand opéra ont remplacé les courtisanes poétesses et peintres du Cinquecento.

Mais il est une circonstance à laquelle j'attribue une importance toute particulière: l'apparition de la courtisane élégante a influencé le goût de la femme convenable, c'est-à-dire appartenant à un certain rang social, en l'orientant dans une direction qui la rapprochait de la cocotte. Le genre de vie de la demi-mondaine règle, même extérieurement (et c'est un fait sur lequel je tiens à insister), celui de la mondaine. De même qu'aujourd'hui encore, dans notre monde embourgeoisé, la dame cherche à copier les toilettes que les grandes cocottes ont portées aux courses de printemps à Paris, et de même que les toilettes de mode et de luxe, de magnificence et de prodigalité sont encore inaugurées par les maîtresses, avant d'être adoptées, comme autant de pâles copies, par les dames de la société: de même il fut un temps où, le bourgeois se tenant encore tout à fait en dehors de la « société », la courtisane imposait naturellement dans une mesure bien plus grande le ton auquel devait se conformer la vie des hautes classes.

Toutes les conditions se trouvaient remplies qu'exigeait l'apparition du grand luxe: richesse, liberté de la vie amoureuse, désir de certains groupes de la population de se faire valoir aux yeux des autres, vie dans les grandes villes. Je ne me propose pas d'analyser ici les rapports qui existent entre ces faits et l'apparition du luxe; partant au contraire du fait que pendant les siècles qui ont suivi le début du moyen âge, un grand luxe avait régné qui a atteint vers la fin du XVIII[e] siècle des proportions démesurées, je tâcherai d'en trouver l'explication. Je donnerai autant que possible du développement du luxe une représentation quantitative, en chiffres précis: ce

sont en effet les chiffres seuls qui, derrière une manifestation isolée du luxe ou une masse de ces manifestations, soient à même de nous donner une idée du rôle que le besoin du luxe avait joué dans la formation du marché. Nous aurons alors à rechercher les rapports qui existent entre ce développement du luxe et les autres facteurs sociaux dont nous avons parlé, et nous aurons à nous demander en particulier quelle est la part qui revient à la femme, surtout à la femme en tant qu'objet d'un amour illégitime, à la « petite femme » [= *Weibchen*], dans l'évolution de la vie extérieure de notre époque.

Comme toutes les autres manifestations de la vie, tout bien-être avait pour foyer, en ces temps-là, les cours princières; celles-ci étaient la source de toutes les énergies. A la lumineuse épisode d'Avignon nous associons directement, dans notre représentation, la brillante époque de la papauté à Rome sous le règne des grands papes de la Renaissance, de Paul II à Léon X. Avec Paul II commence la bacchanale; « sa cour était magnifique et lui-même complètement adonné aux jouissances sensuelles ». Sixte IV a voulu rivaliser avec son prédécesseur; sous lui le népotisme fleurit en toute liberté; son fils Pietro Riario, qui disposait d'un revenu de 60.000 florins, dissipe sa richesse en deux ans. La papauté atteint le point culminant de son éclat temporel lors de la procession du Latéran, à jamais mémorable, de Léon X, le 11 avril 1513; ce jour seul, auquel des centaines d'artistes ont sacrifié le meilleur d'eux-mêmes, avait coûté 100.000 ducats. Les cours temporelles de l'Italie, en particulier celles de Milan et de Naples, rivalisaient avec celle de Rome dans le déploiement du luxe temporel. Mais j'attribue un rôle particulièrement important dans l'histoire du luxe des cours à ce fait que les rois français ont aussi hérité des princes italiens leur conception et leur conduite de la vie. J'ai cité dans mon livre *Luxus und Kapitalismus*[1] des preuves statistiques à l'appui de cette assertion. Je n'en reproduirai ici que quelques-unes. Sur les 5.788.000 l. que représentait en 1542 la dépense totale du roi de France, les dépenses de luxe ont atteint, ainsi que je l'ai montré en détail, 2.995.000 l. Sous Henri IV les dépenses de luxe subissent une certaine régression. Mais après lui elles augmentent continuellement tous les ans: pendant les dernières années du règne de

[1] Éditeurs: Dunker und Humblot, München et Leipzig, 1913.

Louis XIV, le développement de ces dépenses atteint son point culminant. J'ai calculé que pour la seule année 1685 les dépenses personnelles, c'est-à-dire en grande partie somptuaires, du roi avaient absorbé, en chiffres rondes, la somme de 29 millions de francs, sur un budget total de 100.640.257 liv. Pendant le règne de Louis XIV il a été dépensé pour les bâtiments royaux 198.957.579 l. 14 s. 11 d., ce qui représente en argent d'aujourd'hui, en chiffres ronds, la somme de 300 millions de francs (la valeur de la liv. tur. ayant varié à cette époque-là entre 1,22 et 1,63). Si l'ont veut se rendre compte de la richesse et de la magnificence qui ont été déployées dans les mobiliers, on n'a qu'à consulter les inventaires, qui viennent d'être publiés, munis de nombreuses reproductions. Nous y trouvons par exemple une liste de 334 grandes tentures complètes qui ornaient les châteaux de Louis XIV et se composaient de 2600 tapis et de 140 pièces détachées, et nous y apprenons en outre que la manufacture des Gobelins leur avait fourni 822 pièces ou 101 tentures murales. Le luxe des vêtements n'avait cessé d'augmenter pendant tout le cours du XVIIIe siècle, pour atteindre son point culminant quelques années avant la Révolution.

Et la petite femme? Quel rôle a-t-elle joué dans cette rapide augmentation des dépenses somptuaires? En ce qui concerne les princes italiens et les Valois français, la réponse à cette question est connue d'avance: les uns et les autres ne vivaient que pour les femmes. Pour ce qui est de Louis XIV, nous pouvons suivre pour ainsi dire acte par acte l'influence que ses favorites ont exercée sur l'organisation de sa vie extérieure. C'est l'amour pour La Vallière qui a inspiré à Louis XIV l'idée de faire bâtir Versailles. C'est à Versailles, dans le petit pavillon de son père, qu'il a eu avec elle ses premiers rendez-vous: « là, sur la colline boisée, la bien-aimée verra s'édifier le palais enchanté de son seigneur ». Avec l'amour pour La Vallière commencent les grandes fêtes de la cour. De 1674 à 1680 a été bâti le château de Clagny ayant coûté 2 millions de francs: caprice d'une favorite. Et chaque fois qu'une nouvelle maîtresse s'empare du cœur de Louis XIV, on voit surgir un nouveau flot de dépenses somptuaires. Elles sont plus dépensières les unes que les autres, jusqu'à cette Fontanges qui jetait les pièces d'or par toutes les fenêtres, dépensait 100.000 écus par mois et s'étonnait de s'entendre qualifier de dépen-

sière. C'est d'ailleurs un fait connu qu'au XVIIIe siècle la cour française a été entièrement dominée par les maîtresses et que la vie de cour était complètement soumise à leur direction. Le luxe mené par la cour s'est répandu peu à peu aux cercles qui voyaient dans la cour leur idéal ou se trouvaient avec elle en rapports quelconques. Ce n'étaient heureusement que des gens riches qui partageaient avec les cercles de la cour l'amour pour l'éclat extérieur. Le roi était parfois considéré en France comme un véritable dieu: Louis XIV était devenu l'arbitre du goût pour Paris, pour la province, pour l'Europe entière. Chacun, selon ses moyens, voulait faire bâtir ses maisons à la Mansart, planter ses jardins à la Le Nôtre, dessiner ses meubles à la Lebrun, avoir ses portraits peints à la Rigaud.

Mais le processus dont nous nous occupons ne se serait certes pas accompli aussi rapidement, le déploiement du luxe n'aurait pas pris en si peu de temps des proportions aussi démesurées, si à côté de la cour n'avait surgi une autre source importante d'où la soif du plaisir, la joie de vivre et le vain amour de la parade se sont répandus sur le monde à larges flots: nous voulons parler de ce besoin intense de luxe qui s'est déclaré, comme une maladie dévastatrice, dans la classe des nouveaux riches. C'est un fait qu'on observe souvent dans notre civilisation, que des hommes du peuple, lorsqu'ils parviennent à la richesse, dissipent cette richesse en dépenses somptuaires. Cela tient, d'un côté, à l'inaptitude de l'homme simple et dépourvu de culture à demander à la vie des joies autres que les joies matérielles; et, d'un autre côté, ce qui pousse le boutiquier enrichi à faire un grand étalage de luxe, c'est le désir irrésistible de conquérir une situation en vue à côté de la société qui lui oppose sa distinction (quelquefois il suit une direction opposée, dont nous parcourrons un jour les étapes, et devient « avare »). Nous pouvons nous rendre très exactement compte du lien qui existe entre l'entrée en scène de la roture et l'extension du besoin de luxe, si nous avons présentes à l'esprit toutes les phases du processus qui a abouti à l'ascension, en nombre plus ou moins considérable, de gens « *quos virtus aut Fortuna e faece hominum extulit* ». Ces phases constituent autant de couches dont se compose l'édifice du luxe moderne, dans lequel nous pouvons ainsi distinguer, de même que dans l'histoire de la richesse, l'époque italienne du XIVe et du XVe siècle, l'époque allemande du XVe

et du XVIe, l'époque hispano-hollandaise du XVIIe et l'époque franco-anglaise du XVIIIe.

Et la petite femme? Nous savons que l'usage d'avoir une maîtresse était universellement répandu dans la bonne société. « Quel est l'homme qui n'a pas de maîtresses? » s'écrie naïvement un philosophe de l'époque. Aussi pouvons-nous, en entendant parler de la prodigalité de ces classes, formuler immédiatement cette conclusion que la plus grande partie des dépenses doit être mise sur le compte de l'amour illégitime, le reste étant imputable à l'épouse légitime. Je me propose de suivre ici le développement du luxe dans l'ordre de ses objets les plus importants. Nous pourrons ainsi nous faire une notion exacte des différentes possibilités du luxe sous l'ancien régime et saisir nettement les liens par lesquels les dépenses somptuaires particulières ou plutôt l'accumulation de cas particuliers de ce genre de dépenses se rattachent aux premières formations de l'organisation capitaliste dans le domaine du commerce et de l'industrie.

Je vais relever, dans les lignes qui suivent, *les transformations que le luxe a subies entre 1200 et 1800* et rechercher la part qui revient aux femmes dans ces transformations. En ce qui concerne le développement du luxe, on peut distinguer dans cette période historique les tendances générales suivantes:

a) tendance à l'intériorisation: de public qu'il était principalement au cours du moyen âge, le luxe devient privé. Mais, même en tant que privé, il était déployé davantage hors de la maison que dans la maison. A présent il se trouve de plus en plus localisé à l'intérieur: c'est la femme qui l'attire vers elle;

b) tendance à revêtir un caractère concret: le luxe de notre période présente toujours un caractère personnel et, par conséquent, quantitatif. Mais il est incontestable qu'à partir du moyen âge le cachet personnel dans le déploiement du luxe s'atténue de plus en plns. Autrefois le luxe avait consisté à afficher une nombreuse suite, à la nourrir et à l'amuser pendant les fêtes, etc. A présent la nombreuse suite n'est plus qu'une manifestation accessoire à côté de l'emploi croissant, pour la satisfaction du besoin du luxe, de biens représentés par les choses. La femme avait grand intérêt à cette transformation, car le fait d'afficher une nombreuse suite lui procure moins de satisfactions qu'une robe plus luxueuse, une demeure

plus agréable, des ornements plus précieux. Cette transformation est encore très importante au point de vue économique. Adam Smith aurait dit qu'elle signifie le passage du luxe « improductif » au luxe « productif », le luxe personnel étant improductif, tandis que le luxe portant sur des choses occupe des bras productifs (au sens capitaliste du mot: ouvriers salariés dans une entreprise capitaliste).

Mais, parallèlement à cette dernière tendance, la petite femme manifeste avec une énergie particulière

c) la tendance à rendre le luxe à la fois plus sensuel et plus raffiné. Plus sensuel en ce sens que, à mesure qu'il se développe, le luxe se trouve de moins en moins au service de valeurs idéales de la vie (de l'art notamment) et tend de plus en plus à satisfaire les bas instincts de l'animalité. Qu'on songe seulement à la victoire du rococo sur le baroque. Cette victoire ne signifie que le triomphe complet et définitif de la femme. La femme victorieuse transparaît à travers toutes les créations de l'art et de l'industrie artistique de l'époque: trumeaux et coussins de Lyon, lits en soie bleu ciel avec rideaux en tulle blanc, jupons bleu tendre, bas de soie grise et robes de soie rose, peignoirs coquets garnis de duvet de cygne, plumes d'autruche et dentelles du Brabant. En rapport étroit avec la tendance à la sensualisation du luxe, se trouve la tendance à son raffinement. Raffinement signifie emploi multiplié du travail vivant pour la production d'un objet. Mais par là se trouva considérablement élargie l'arène pour le développement aussi bien de l'industrie capitaliste que du commerce capitaliste (importation de matières premières qui ne se trouvent pas sur place);

d) tendance à la concentration, et notamment dans le temps: soit que dans un laps de temps donné on deploie beaucoup de luxe, use beaucoup d'objets, goûte beaucoup de jouissances; soit que des établissements de luxe qui n'étaient autrefois que périodiques deviennent des organisations permanentes; soit enfin que les objets de luxe soient fabriqués en moins de temps, pour pouvoir procurer à leurs possesseurs éventuels une satisfaction plus rapide. D'une façon générale, la production était très lente au moyen âge; on travaillait pendant des années et des dizaines d'années à une pièce, à un ouvrage; on n'avait aucune hâte de les voir terminés. Mais depuis que l'individu s'est détaché de la communauté dont la durée est supérieure

à la sienne, il a fait de la durée de sa vie l'échelle de ses jouissances. L'homme, en tant qu'individu, veut participer le plus possible aux vicissitudes des choses. Marie de Médicis a fait achever le palais du Luxembourg dans l'espace de temps incroyablement court de cinq années. On travaillait nuit et jour à la construction du palais de Versailles. « Pour Versailles, il y a deux ateliers de charpentiers, dont l'un travaille le jour et l'autre la nuit », nous raconte Colbert lui-même. Le comte d'Artois fait reconstruire Bagatelle de fond en comble, et pour pouvoir y offrir une fête à la reine, il fait travailler nuit et jour 900 ouvriers. Trouvant que le travail n'avançait pas assez vite, il envoie ses huissiers sur la route, avec ordre de s'emparer à son profit de toutes les voitures chargées de pierres et de chaux.

Quel rôle a joué le luxe dans la naissance du capitalisme? Cette question avait très vivement préoccupé les économistes du XVIIe et du XVIIIe siècles. Il est vrai qu'alors on ne parlait pas encore de capitalisme: on désignait la chose sous le nom d'industrie, de manufactures, de richesse ou autrement. Mais on était unanime à reconnaître que le luxe contribuait au développement de formes économiques qui alors n'en étaient encore qu'à leurs débuts et que nous nommons, nous, formes capitalistes; et pour cette raison tous les amis du « progrès » économique étaient de chauds partisans du luxe. Les gouvernements orientaient leur politique dans un sens favorable au luxe. Lorsqu'on a entrepris de nos jours de remonter aux origines du capitalisme moderne, on aurait pu, si on y avait pensé, utiliser les observations des anciens économistes.

Une idée malheureuse s'est introduite, depuis Marx, dans la théorie du marché et de son rôle dans la naissance du capitalisme: le capitalisme aurait été essentiellement favorisé par l'extension géographique des conditions de vente et par la découverte des colonies au XVIe siècle. Ou, pour exprimer la même idée avec le cachet plus téléologique de l'école historique de l'économie politique à laquelle se rattachent presque tous les théoriciens de l'économie: l'extension spatiale des débouchés, le débouché lointain, l'exportation, — voilà ce qui aurait rendu « nécessaire » l'organisation capitaliste.

Le luxe a contribué de plusieurs manières à la naissance du capitalisme moderne; il a, par exemple, joué un rôle ca-

pital dans la transformation de la richesse féodale en richesse bourgeoise (endettement). Mais nous ne nous occuperons ici que de *sa contribution à la formation du marché,* contribution qu'on peut, d'une façon générale, se représenter ainsi: nous savons que, pour pouvoir vivre, l'entreprise capitaliste a besoin d'un écoulement minimum des valeurs d'échange; la grandeur de ce débouché dépend de deux circonstances: de la rapidité de la circulation des biens et de la valeur d'échange plus ou moins grande des biens en circulation. Cette valeur d'échange est à son tour déterminée par deux facteurs: la valeur d'échange de chaque bien particulier et la quantité de biens. C'est ainsi qu'un écoulement minimum peut être obtenu par la vente soit de biens en grand nombre, soit de biens ayant une valeur d'échange élevée: vente en masse et vente au détail. La valeur élevée d'un bien peut être obtenue de deux manières: par l'accumulation et par l'affinement. L'accumulation se trouve réalisée dans les biens qu'on peut appeler composés ou complexes: locomotives, bateaux, hôpitaux, etc. Il s'agit d'une grande quantité de biens ordinaires, rapprochés de façon à former une unité et qui, par leur rapprochement, confèrent à cette unité une grande valeur.

Le développement pendant le moyen âge et les siècles suivants s'accomplit de telle sorte que les besoins courants ne subissent aucun changement notable, susceptible d'influencer l'évolution du capitalisme. Chez la grande masse de la population, l'économie domestique et le métier manuel suffisent, à deux exceptions près, à satisfaire les besoins portant sur les objets usuels et sur les moyens de travail. Les deux exceptions auxquelles je fais allusion et où, même avant la naissance du grand capitalisme, c'est-à-dire avant la fin du XVIIIe siècle, avait commencé un écoulement en masse d'un grand nombre de biens de peu de valeur ou la vente de biens composés, se rapportent: 1. aux colonies qui ont ainsi certainement contribué au développement du marché pour l'industrie capitaliste et, surtout, 2. à l'armée moderne. Ici il s'agit de mettre en lumière seulement l'autre côté du problème, de montrer notamment la part qui revient, dans la formation du capitalisme moderne, au développement du luxe, à l'apparition d'un besoin de luxe.

Il n'est pas impossible que le commerce ait revêtu la forme capitaliste avant que la production de biens en ait fait au-

tant. J'aurais certes de graves objections à opposer à ceux qui prétendent que c'est surtout par le commerce que les grandes maisons des villes italiennes, espagnoles, du Midi de la France et du Sud de l'Allemagne ont, au cours du moyen âge, acquis leurs richesses; j'admets toutefois que le commerce pur et simple a pu, lui aussi, revêtir la forme d'entreprises capitalistes. Mais ceci n'est vrai que de certains cas seulement, de ceux notamment où il s'agissait d'un commerce portant sur des objets de luxe. Tout commerce plus ou moins important, à organisation capitaliste, avait durant le moyen âge l'Italie pour centre et consistait par conséquent soit dans l'exportation de produits italiens (ou l'importation des matières brutes ou des produits demi-fabriqués nécessaires à cet effet), soit dans l'importation et la dispersion des marchandises livrées par l'Orient. Parmi les marchandises importées par l'Italie des pays du Nord, il faut citer en premier lieu la laine (pour l'industrie de luxe florentine), les fourrures et la toile fine. En revanche, l'Italie exportait dans le Nord: de la soie et des soieries; des draps très fins; des verreries très fines; du coton et des cotonnades qui passaient jusqu' à une époque très récente pour des produits de luxe; des armes; du vin. De même, toutes les marchandises venant de l'Orient et qu'on se procurait soit par l'intermédiaire de l'Italie, soit en Italie même, étaient considerées comme des marchandises de luxe à l'usage des riches.

Le petit commerce a été, dans son développement, influencé par le luxe d'une façon plus profonde et plus durable que le grand commerce. S'il existait, pendant la première époque capitaliste, quelques branches importantes du grand commerce qui, tout en ayant une organisation capitaliste, ne s'occupaient pas de marchandises de luxe, je crois qu'on trouvera difficilement, avant le XIXe siècle, un seul commerce de détail, teinté de capitalisme, ne portant pas sur des objets de luxe. Les commerces de luxe, et en premier lieu celui de la soie, se multiplient en effet rapidement à la suite de l'accroissement de la demande. Ils abandonnent leurs vieilles et petites installations pour s'étendre dans des nouvelles boutiques, de plus en plus grandes et élégantes, et ouvrent ainsi la porte par laquelle la concurrence et l'esprit commercial moderne envahissent le calme domaine du commerce de détail.

En analysant dans ce qui suit l'importance du luxe pour

l'industrie, nous devons insister sur ce fait qu'ici, dans la sphère de la production industrielle, l'influence du luxe se fait sentir de la façon la plus nette. Nous pourrons, en effet, démontrer:

1. que certaines industries de luxe ont acquis une grande extension absolue que nous pouvons mettre en évidence par toutes sortes de comparaisons;

2. que des industries de luxe caractérisées se trouvent de très bonne heure subordonnées au capitalisme;

3. que dans un même ensemble d'industries les branches fabriquant des biens de luxe sont en général absorbées par le capitalisme avant les autres;

4. que les industries de luxe sont les premières à acquérir des formes d'organisation caractéristiques du grand capitalisme et de la grande exploitation industrielle.

Il faut s'occuper d'abord des industries de luxe pures, c'est-à-dire des industries qui ne fabriquent que des produits fins; viendront ensuite les industries mixtes, ou celles qui fabriquent à la fois des produits fins et des produits ordinaires.

Parmi les industries de luxe pures, la première place revient à l'industrie de la soie. Il serait inutile d'insister sur le rôle capital que cette industrie avait joué dans la vie économique des peuples européens pendant la période initiale du capitalisme. Nous ne citerons ici que deux chiffres. Dans l'intervalle compris entre 1770 et 1784, la production de la soie par l'industrie lyonnaise représentait une valeur de 60 millions de francs environ, et la valeur de la soie fabriquée à Lyon seulement représentait un huitième ou un septième de l'ensemble du commerce extérieur de la France. A Berlin, l'industrie de la soie produisait pour 3 à 4 millions de thalers de marchandises, à une époque où la valeur totale des produits fabriqués par les usines et les manufactures de Berlin se chiffrait par 6 millions de thalers. Cette « standard » industrie de l'époque a donc été une des premières à subir l'organisation capitaliste, de sorte qu'on peut dire qu'elle a fait époque dans l'histoire du capitalisme industriel.

L'industrie de la dentelle. Cette industrie de luxe a eu une grande importance pour certains pays et certaines regions. En 1669 elle occupait en France 17.300 ouvriers et ouvrières. Dans le royaume de Saxe des populations entières vivaient au XVIIIe siècle du travail au fuseau. Si au XVIIIe siècle ces

dentelles au fuseau n'étaient plus d'une façon générale un article de luxe, il n'en reste pas moins que les dentelles à l'aiguille fines qui étaient fabriquées dans le Brabant et aussi, depuis Colbert, en France, ne trouvaient des acheteurs que dans les couches élevées de la société. L'organisation était la même dans tous les cas. Les ouvriers en dentelles étaient occupés par des marchands, sous l'ordre desquels travaillaient parfois (en France) des entrepreneuses dont chacune occupait à son tour 4 à 5 ouvrières.

La fabrication des glaces était organisée selon les principes du grand capitalisme. En 1704 deux sociétés se font concurrence en France : celle de Dombes et celle de St.-Gobain, Tour la Ville et Paris. La manufacture de glaces du faubourg St.-Antoine occupait 500 ouvriers. Mercier nous décrit l'organisation de cet établissement, où 400 ouvriers travaillaient dans une salle de polissage.

L'industrie de la porcelaine est l'industrie de luxe par excellence du XVIII[e] siècle. Des manufactures de porcelaine, plus ou moins bien organisées, se fondent dans les villes suivantes : Meissen (en 1709), Vienne (en 1718), Höchst (en 1720), Vincennes (en 1740), Sèvres (depuis 1756), Capo di Monte, près Naples (en 1743), Fürstenberg (en 1744), Berlin (en 1750), Frankenthal (en 1755), Nymphenburg et Ludwigsburg (en 1758), Copenhague (en 1772). Les manufactures de porcelaine deviennent vite de grandes exploitations, comme il y en avait encore peu à l'époque.

Ces quatre industries de luxe pures fournissent des exemples typiques qui nous dispensent d'entrer dans des détails concernant les autres. Je ne connais pas une seule véritable industrie de luxe qui, si elle n'à pas été fondée dès le début sur une base capitaliste et d'exploitation en grand, n'ait pas reçu cette forme au cours du XVIII[e] siècle au plus tard. Je me contenterai de rappeler encore, à ce propos, l'industrie du verre, celle du sucre, l'orfèvrerie, la broderie et la fabrication de fleurs artificielles.

Mais nous ne nous rendrons compte du rapport intime qui existe entre l'industrie de luxe et le capitalisme qu'après avoir passé en revue les industries de luxe qui se sont degagées par différenciation des métiers manuels d'autrefois. Nous constaterons alors que de toutes les parties d'un métier, le capitalisme s'empare de celles qui représentent des activités

produisant en vue de la satisfaction du besoin de luxe. La plupart des métiers manuels traversent un processus de différenciation dès l'époque initiale du capitalisme. Le travail artistique qualifié se sépare du travail manuel ordinaire et grossier et se déploie dans des industries indépendantes. Celles-ci revêtent ainsi un caractère capitaliste, tandis que le gros travail est encore pendant longtemps assuré par l'ouvrier manuel, jusqu'à ce qu'il finisse, lui aussi (mais de nos jours seulement), par se transformer, en recevant une organisation capitaliste. Travail manuel et industrie de luxe deviennent deux choses opposées et qui s'excluent mutuellement.

Pour prouver l'exactitude de ma démonstration, je ne considérerai encore que les industries mixtes les plus importantes.

L'industrie du coton a été, avec celle de la soie, la plus importante industrie de la première ère capitaliste. L'industrie du coton fabriquait des tissus pour les pauvres et des tissus pour les riches. Mais toutes les fois que nous rencontrons une « industre du coton florissante », orgueil de l'État et de la ville, il s'agit d'une industrie de luxe, organisée d'après les principes du capitalisme naissant ou de l'exploitation en grand. Le tissage en coton à Florence constitue peut-être la première industrie à organisation franchement capitaliste et de grande envergure. Par son caractère qualitatif, elle dépasse, dans son ensemble, celle des autres villes et pays. A l'intérieur même de la ville de Florence, il existe une distinction entre les gros draps et les draps fins. Au XIVe siècle, les gros et les fins étaient séparés même dans l'espace : le quartier du Garbo s'opposait à celui de S. Martino. Mais ce qui me paraît particulièrement intéressant, c'est la constatation que Garbo, où étaient fabriqués en masse de gros articles, était le séjour de petits patrons appartenant à une corporation de métiers manuels, tandis que dans le quartier de S. Martino, qui était la siège de l'industrie de luxe proprement dite, l'organisation qui domine est celle à base commerciale et capitaliste.

Du métier de tailleur d'habits se sont dégagées au cours du XVIIIe siècle plusieurs industries qui ont pris la forme d'entreprises capitalistes : celles qui travaillaient pour la clientèle distinguée, c'est-à-dire payant bien, et qui produisaient par conséquent des marchandises de luxe. Mais le travail fin et en

masse a été (de même que de nos jours) le principal domaine où l'industrie capitaliste du vêtement pouvait se développer en toute liberté. Dès le XVIII[e] siècle la fine industrie de la couture et des modes pour dames avait pris un développement considérable: la couturière de Marie Antoinette avait fait faillite avec un passif de 3 millions de francs.

Dans la cordonnerie c'est encore la production en masse d'articles fins qui avait reçu la première des formes d'organisation supérieures. Nous trouvons à Paris, au XVIII[e] siècle, le « maître de magasin » qui ne travaille que pour la clientèle noble.

En ce qui concerne l'industrie du bâtiment, il est certain que dès l'époque des papes de la Renaissance, la construction des grands palais et églises s'opérait d'après des principes capitalistes.

Le charronage, la tapisserie et la sellerie se débarrassent également, pendant la période initiale du capitalisme, de certains de leurs éléments qui se réunissent pour former une nouvelle industrie de luxe, à organisation capitaliste: la carrosserie. Vers le milieu du XVIII[e] siècle la carrosserie présentait déjà une manufacture à moitié achevée. Dans sa forme la plus parfaite (à Londres) elle réunit dans un atelier spécial les travaux de fabrication des caisses de voitures, de leur rembourrage et de leur recouvrage avec du cuir; et elle occupe au dehors: le tourneur, le charron, le fondeur, l'ouvrier en cuir, le maréchal ferrant, le sellier.

L'ébénisterie a toujours eu une tendance à briser les cadres du métier manuel, dès qu'elle a commencé à fabriquer des objets de luxe. Au XVII[e] siècle, l'ébénisterie de luxe commence à être exploitée en grand, bien que n'ayant pas encore une organisation franchement capitaliste: c'est à la protection des rois qu'elle doit ce développement. On peut considérer comme le prototype de toutes les manufactures de meubles d'art la manufacture royale des Gobelins qui doit à Colbert son état florissant. C'est sur son modèle que se sont formées, partout où existait un centre de consommation de meubles de luxe, des ébénisteries d'art à base capitaliste. En France même, nous avons dans la fameuse entreprise de Charles Boule le premier exemple d'une manufacture complète de meubles d'art.

Après ces quelques exemples et pour terminer nos consi-

dérations, nous pouvons dégager les raisons qui expliquent ce développement, en grande partie uniforme, de la production industrielle. Pourquoi le métier se maintient-il ici, alors qu'il est remplacé ailleurs par une organisation capitaliste? A mon avis, la raison déterminante doit être cherchée dans l'extension de la consommation de luxe; les industries que nous avons passées en revue ne deviennent la proie du capitalisme que parce qu'elles sont des industries de luxe. Les causes qui rendent une industrie de luxe apte à recevoir une organisation capitaliste résident:

1. dans la nature du processus de la production. Une marchandise de luxe exige presque toujours une matière première chère, qu'on doit souvent faire venir de loin, ce qui rend nécessaire le concours de l'homme riche et possédant une expérience commerciale. Mais le plus souvent les procédés mêmes qui servent à la fabrication d'une marchandise de luxe, sont plus dispendieux et compliqués que ceux permettant de fabriquer une marchandise ordinaire. Ces procédés supposent plus de connaissances, une plus vaste vue d'ensemble, plus de talent et d'habileté;

2. dans la nature du débouché. L'écoulement de marchandises de luxe est évidemment soumis à de plus grandes variations que celui d'articles d'usage courant fabriqués en masse. Le changement rapide des caprices des gens riches, dont le goût est, dès la période initiale du capitalisme, influencé par la mode, impose au producteur une grande mobilité d'esprit, s'il veut que sa production soit adaptée sans cesse à des exigences toujours nouvelles. Or, l'organisation capitaliste satisfait plus facilement à cette condition que le métier manuel. A ces causes d'ordre général vient s'ajouter:

3. cette raison historique que toutes les industries de luxe ont été, durant le moyen âge européen, créées artificiellement, soit par des princes, soit par des étrangers entreprenants. Mais toutes ces industries reçoivent dès l'origine un cachet rationnel. Elles naissent les plus souvent en dehors des limites corporatives et souvent en opposition avec les intérêts traditionnels des petits patrons sédentaires.

Mais la condition la plus importante qui devait être remplie pour que ce système économique pût se maintenir, consiste dans l'existence d'un débouché en rapport avec sa nature. Or comme

4. l'autre possibilité d'un grand écoulement, à savoir la vente en masse d'articles de peu de valeur ou celle de marchandises importantes et complexes ne devait pouvoir se réaliser que beaucoup plus tard, il ne restait à la fortune mobilière cherchant à se transformer en capital qu'une seule ressource: le placement dans des industries de luxe.

Berlin, Universität.

WERNER SOMBART

(Traduit par M. le Dr. S. Jankelevitch — Paris).

ASPERGES FILIPPO - *responsabile.*

MILANO - TIPO-LIT. REBESCHINI DI TURATI E C.

SUPPLÉMENT

TRADUCTIONS FRANÇAISES DES ARTICLES ALLEMANDS, ANGLAIS ET ITALIENS

(Chaque traduction a été revisée par l'Auteur).

SUR LE PROBLÈME DE LA RELATIVITÉ

Après que deux savants éminents ont élevé, dans cette Revue, des critiques contre la théorie de la relativité, les lecteurs verront peut-être sans déplaisir un partisan de cette nouvelle théorie y exposer à son tour ses vues. Voici ce bref exposé:

Il y a lieu aujourd'hui de distinguer nettement deux systèmes désignés l'un et l'autre sous le nom de « théorie de la relativité ». Le premier, que nous appellerons « théorie de la relativité dans le sens strict », s'appuie sur un ensemble considérable d'expériences, et est considéré aujourd'hui par la plupart des physiciens théoriciens comme étant l'expression théorique la plus simple des expériences. Le second (que nous appelons théorie de la relativité dans le sens large) n'a presque pas été confirmé jusqu'à présent par l'expérience physique. La plupart de mes confrères ont une attitude sceptique ou hostile à l'égard de ce second système. Remarquons immédiatement qu'on peut très bien être partisan de la théorie de la relativité dans le sens strict sans reconnaître le bien-fondé de la théorie de la relativité dans le sens large. C'est pourquoi nous allons traiter séparément des deux théories.

I. La théorie de la relativité dans le sens strict.

C'est un fait bien connu que les équations de la mécanique fondée par Galilée et par Newton ne sont pas valables pour un système de coordonnées animé d'un mouvement quelconque, si l'on s'attache à l'idée que, pour la description des mouvements, sont seules admissibles les forces centrales, qui satisfont

à la loi de l'action et de la réaction. Mais si l'on a rapporté le mouvement à un système K, de sorte que les équations de Newton soient valables de la façon indiquée, ce système de coordonnées n'est pas le *seul* par rapport auquel ces lois mécaniques soient valables. Tout système de coordonnées K', orienté dans l'espace d'une façon quelconque, a la propriété, s'il est animé d'un mouvement de translation uniforme par rapport à K, que, relativement à lui, les mêmes lois de mouvement sont valables. Nous appellerons « principe de relativité » (dans le sens strict) l'hypothèse de l'équivalence de tous ces systèmes de coordonnées K, K', etc., pour la formulation des lois du mouvement et des lois générales de la physique.

Tant que l'on crut que la mécanique devait être mise à la base de l'exposition théorique de tous les processus, on ne put pas douter de la validité de ce principe de relativité. Mais même en faisant abstraction de cette idée, il est difficile, du point de vue de l'expérience, de douter de la validité de ce principe. En effet, s'il n'était pas valable, les processus naturels rapportés à un système de référence en repos relativement à la Terre paraîtraient influencés par le mouvement de révolution annuel (vitesse) de la Terre autour du Soleil; par suite de l'existence de ce mouvement, les « espaces d'observation » terrestres se comporteraient, sous le rapport physique, d'une façon anisotrope. Or, malgré les recherches les plus diligentes, les physiciens n'ont jamais pu observer une pareille anisotropie apparente.

Le principe de relativité est donc aussi vieux que la mécanique, et, du point de vue de l'expérience, personne n'aurait jamais pu douter de sa validité. Si l'on en a douté néanmoins et si l'on en doute aujourd'hui encore, c'est que l'électrodynamique de Maxwell et de Lorentz semble être inconciliable avec le principe de relativité. Lorsqu'on peut juger du petit nombre des hypothèses sur lesquelles repose cette théorie et des services qu'elles ont rendus pour l'exposition théorique des expériences dans le domaine de l'électrodynamique et dans celui de l'optique, il est difficile d'échapper à l'impression que les traits principaux de cette théorie doivent être considérés comme établis d'une façon définitive tout aussi bien que les équations de la mécanique classique, par exemple. D'ailleurs on n'a pas réussi à dresser à côté d'elle une autre théorie qui pût le moins du monde lui faire concurrence.

Il est facile d'indiquer où gît l'incompatibilité apparente de l'électrodynamique de Maxwell et de Lorentz avec le principe de relativité. Supposons que les équatious de cette théorie soient valables relativement au système de coordonnées K. C'est dire que tout rayon lumineux se propage dans le vide, relativement à K, avec une vitesse déterminée c, indépendante de la direction de la propagation et de l'état de mouvement de la source lumineuse; ce principe sera désigné dans les pages suivantes sous l'appellation de « principe de la constance de la vitesse de la lumière ». Or, si un pareil rayon lumineux est considéré par un observateur en mouvement par rapport à K, la vitesse de propagation du rayon lumineux, jugée du point de vue de cet observateur, paraît en général être différente de c. Si le rayon lumineux se propage, par exemple, dans la direction de l'axe des x positifs de K avec la vitesse c, et si notre observateur se meut dans la même direction avec la vitesse v, constante sous le rapport du temps, on croit pouvoir affirmer immédiatement que la vitesse de propagation du rayon lumineux, jugée du point de vue de l'observateur en mouvement, est $c - v$. Le principe de la constance de la vitesse de la lumière semble donc ne pas être valable relativement à l'observateur, c'est-à-dire relativement à un système de référence K se mouvant avec la vitesse v. Il y a donc ici une contradiction apparente avec le principe de relativité.

Mais une analyse exacte du contenu physique de nos données spatiales et temporaires a prouvé, comme on le sait, que la contradiction indiquée n'est qu'apparente, attendu qu'elle repose sur les deux hypothèses arbitraires suivantes:

1. L'affirmation que deux événements se passant en des lieux différents ont lieu simultanément a un contenu indépendant du choix du système de référence.

2. La distance entre les lieux où deux événements se passent simultanément est indépendante du choix du système de référence.

Comme la théorie de Maxwell et de Lorentz et le principe de relativité sont tous deux confirmés par l'expérience dans une large mesure, on sera obligé de se décider à renoncer aux deux hypothèses arbitraires qui viennent d'être indiquées, dont l'évidence apparente ne repose que sur le fait que la lumière nous informe *instantanément en apparence* des événements qui se passent dans des lieux éloignés, et que les vitesses des

corps auxquels nous avons affaire dans notre expérience journalière sont petites en comparaison de la vitesse c de la lumière.

Lorsqu'on renonce à ces hypothèses arbitraires, le principe de la constance de la vitesse de la lumière, qui résulte de l'électrodynamique de Maxwell et de Lorentz, devient compatible avec le principe de relativité. On peut maintenir l'hypothèse qu'un seul et même rayon lumineux traversant le vide se propage avec la vitesse c non seulement relativement à un système de référence K, mais encore relativement à tout système de référence K' animé d'un mouvement de translation uniforme par rapport à K. On n'a qu'à choisir d'une façon convenable les équations de transformation qui existent entre les coordonnées du temps et de l'espace (x, y, z, t) relativement à K, et celles (x', y', z', t') qui sont relatives à K'. Le système des équations de transformation de ces quatre grandeurs auquel on est ainsi conduit est appelé « transformation de Lorentz ». Cette transformation de Lorentz doit prendre la place d'équations de transformation correspondantes qui, avant l'établissement de la théorie de la relativité, étaient considérées comme les seules que l'on pût imaginer, mais qui étaient fondées sur les hypothèses 1) et 2) indiquées ci-dessus.

La valeur heuristique de la théorie de la relativité consiste en ce qu'elle fournit une condition à laquelle doivent satisfaire tous les systèmes d'équations qui expriment des lois naturelles générales. Tout système d'équations de ce genre doit être tel qu'en lui appliquant une transformation de Lorentz on le convertisse en un système d'équations de la même forme (covariance vis-à-vis des transformations de Lorentz). Minkowski a indiqué un schéma mathématique simple auquel doivent se laisser ramener les systèmes d'équations pour pouvoir se comporter d'une façon covariante vis-à-vis des transformations de Lorentz; il a obtenu par là cet avantage que, pour adapter les systèmes d'équations à la condition ci-dessus indiquée, il n'est, de fait, nullement nécessaire d'effectuer sur ces systèmes une transformation de Lorentz.

Il résulte nettement de ce qui précède que la théorie de la relativité ne fournit aucunement un moyen de déduire du néant des lois naturelles auparavant inconnues. Elle ne donne qu'un critérium toujours applicable qui restreint les possibilités; sous ce rapport, elle est comparable au principe de l'énergie ou au second principe de la théorie de la chaleur.

En passant en revue les lois les plus générales de la physique théoriqne, on a constaté que la mécanique de Newton doit être modifiée pour répondre au critérium de la théorie de la relativité. Dans le cas des rayons cathodiques et des rayons β (mouvement de particules d'électricité libre), ces équations se sont montrées exactes. D'ailleurs, dans l'application de la théorie de la relativité, il n'est apparu ni une contradiction logique ni un conflit avec des résultats d'expérience.

Nous n'appuierons ici que sur le résultat le plus important de la théorie de la relativité; nous y appuierons parce qu'il est essentiel pour les développements qui vont suivre. D'après la mécanique de Newton, l'inertie d'un système constitué par un ensemble de points matériels (résistance d'inertie à l'accélération du centre de gravité du système) est indépendante de l'état du système. Au contraire, d'après la théorie de la relativité, l'inertie d'un système isolé suspendu dans le vide dépend de l'état du système d'une façon telle que cette inertie croît avec la teneur en énergie du système. D'après la théorie de la relativité, c'est donc en dernière analyse à l'énergie que revient l'attribut de l'inertie. C'est à celle-ci, et non à la masse inerte de points matériels, que l'on doit attribuer l'indestructibilité; le principe de la conservation de la masse se fond donc dans le principe de la conservation de l'énergie.

On a remarqué plus haut que ce serait une grosse erreur de vouloir considérer la théorie de la relativité comme une méthode universelle qui permette d'établir une théorie s'appliquant d'une façon certaine à un champ de phénomènes qui n'a été exploré empiriquement qu'aussi peu que l'on voudra. La théorie de la relativité ne fait que limiter dans une mesure considérable les déterminations empiriques nécessaires pour l'établissement d'une théorie. Or il y a un domaine d'une importance fondamentale dont nous avons une connaissance empirique si minime que, associée avec la théorie de la relativité, elle est loin de suffire à l'établissement univoque de la théorie générale. Ce domaine est celui des phénomènes de la gravitation. Ici nous ne pouvons arriver au but qu'en associant à ce que nous connaissons empiriquement des hypothèses physiques pour compléter la base de la théorie. Les considérations suivantes montreront comment on arrive aux hypothèses de ce genre qui, à mon avis, sont les plus naturelles.

Quand nous parlons de la *masse* d'un corps, nous associons à ce mot deux définitions qui logiquement sont tout à fait indépendantes l'une de l'autre. Nous entendons par *masse* d'une part la constante appartenant au corps qui mesure la résistance du corps à une accélération de celui-ci (« masse inerte »), et, d'autre part, la constante du corps qui détermine la force que le corps éprouve dans un champ de pesanteur (« masse pesante »). A priori, il ne va pas du tout de soi que la masse inerte et la masse pesante d'un corps doivent concorder; nous sommes seulement habitués à supposer cette concordance. La conviction de cette concordance vient de l'expérience que l'accélération éprouvée par différents corps dans le champ de la pesanteur est indépendante de la matière dont ils sont formés. Eötvös a montré que la masse inerte et la masse pesante concordent en tout cas à très peu près: au moyen d'essais exécutés avec la balance de torsion, il a démontré qu'il n'y avait pas même entre les deux masses d'écarts relatifs de l'ordre de 10^{-8} [1].

Dans les processus radioactifs, d'énormes quantités d'énergie se dégagent sous forme de chaleur et s'écoulent dans le voisinage des corps. L'ensemble des produits de décomposition qui prennent naissance dans la réaction a donc pris, d'après ce qui a été dit plus haut sur l'inertie de l'énergie, une masse inerte plus petite que n'était celle de la substance présente avant la décomposition radioactive. Pour de pareilles réactions, qui dégagent des quantités de chaleur connues, ce changement de la masse inerte est de l'ordre de 10^{-4}. Si la masse pesante du système ne changeait pas en même temps que sa masse inerte, la masse inerte de différents éléments se différencierait de leur masse pesante beaucoup plus que les expériences d'Eötvös ne l'indiquent. C'est Langevin qui a le premier attiré l'attention sur ce point important.

De ce qui précède résulte que très vraisemblablement il y a concordance entre la masse inerte et la masse pesante de

[1] La méthode opératoire d'Eötvös repose sur les considérations suivantes. Sur un corps qui se trouve à la surface de la Terre agissent la pesanteur terrestre et la force centrifuge. Pour la première de ces actions c'est la masse pesante qui est déterminante, pour la seconde c'est la masse inerte. Si ces deux masses ne concordaient pas, la direction de la résultante des deux actions (poids apparent) dépendrait de la matière dont le corps est formé. Eötvös a démontré avec une grande précision, au moyen des expériences qu'il a effectuées à l'aide de la balance de torsion, la non-existence d'une pareille dépendance.

systèmes isolés en repos; je crois que, dans l'état actuel de l'expérience, nous devons nous attacher sans réserve à l'hypothèse de cette concordance. Par là nous avons satisfait à une des conditions physiques les plus importantes qui doivent, à mon avis, être imposées à une théorie de la gravitation.

Cette condition implique une grande limitation pour les théories de la gravitation, comme on le reconnaît surtout quand on la combine avec le principe de l'inertie de l'énergie. A toute énergie correspond une masse inerte, et à toute masse inerte une masse pesante; par suite, la masse pesante d'un système isolé est nécessairement déterminée par l'énergie de ce système. A l'énergie d'un système isolé appartient aussi l'énergie de son champ de gravitation; celle-ci doit donc contribuer non seulement à la masse inerte du système mais encore à sa masse pesante.

Des théories de la gravitation ont été établies par Abraham et par Mie. La théorie d'Abraham est en contradiction avec le principe de relativité, celle de Mie avec la condition de l'égalité de la masse inerte et de la masse pesante de systèmes isolés. D'après cette dernière théorie, lorsqu'on échaufferait un corps, la masse *inerte* de ce corps croîtrait dans la mesure de l'accroissement de l'énergie, mais non la masse *pesante;* pour un gaz, celle-ci diminuerait même quand la température s'éléverait.[1]

Par contre, une théorie de la gravitation récemment établie par Nordström répond aussi bien au principe de relativité qu'à la condition de la pesanteur de l'énergie de systèmes isolés, avec une restriction indiquée plus loin. L'affirmation contraire d'Abraham, dans l'étude qu'il a fait paraître dans cette Revue, n'est pas juste. Je crois d'ailleurs qu'on ne peut pas trouver dans l'expérience un argument valable contre la théorie de Nordström.

D'après la théorie de Nordström, le principe de la pesanteur de l'énergie de systèmes isolés en repos est valable comme principe statistique. La masse pesante d'un système

[1] Il est vrai qu'à cause de leur petitesse ces actions ne seraient pas accessibles à l'expérimentation. Mais il me semble qu'il y a de fortes raisons pour maintenir *en principe* la liaison entre la masse inerte et la masse pesante, abstraction faite de l'espèce de l'énergie qui se manifeste. D'après Mie, le fait que l'égalité de la masse inerte et de la masse pesante se conserve dans les transformations radioactives ne s'explique qu'au moyen d'hypothèses sur la nature spéciale de l'énergie qui se trouve dans l'intérieur de l'atome.

isolé (en repos dans son ensemble) est en général une grandeur oscillante, dont la valeur moyenne temporaire est donnée par l'énergie totale du système. Le caractère oscillatoire de la masse fait qu'un pareil système doit émettre constamment des ondes longitudinales de gravitation. Toutefois la perte d'énergie que la théorie prévoit de ce fait est si faible qu'elle doit être impossible à percevoir.

Quiconque étudiera de près la théorie de Nordström devra convenir que, considérée du point de vue de l'expérience, cette théorie s'ordonne d'une façon qui ne peut soulever aucune objection dans le schéma de la théorie de la relativité (dans le sens strict). Si malgré cela je suis d'avis que nous ne devons pas nous déclarer satisfaits de cette solution, c'est pour des raisons d'ordre philosophique dont je parlerai plus loin.

III. La théorie de la relativité dans le sens large.

La mécanique classique, aussi bien que la théorie de la relativité dans le sens strict, qui a été brièvement exposée ci-dessus, ont un défaut fondamental qu'il est impossible de nier quand on est accessible aux arguments philosophiques. Dans ses recherches approfondies sur les fondements de la mécanique newtonienne, E. Mach a déjà exposé avec la plus grande clarté les insuffisances de notre image physique du monde, insuffisances dont je vais parler, de sorte que ce que je vais dire ici à ce sujet ne peut pas prétendre à la nouveauté. Je vais expliquer le point essentiel de la question par un exemple que j'ai choisi tout à fait élémentaire pour faire ressortir ce qui est essentiel.

Soient deux masses suspendues dans l'espace à de grandes distances de tous les corps célestes. Supposons qu'elles soient assez rapprochées pour pouvoir exercer des actions l'une sur l'autre. Un observateur suit le mouvement des deux corps en visant constamment le firmament dans la direction de la ligne de liaison des deux masses. Il verra la ligne de visée découper dans le firmament une ligne fermée qui ne changera pas de place par rapport au firmament visible. Si l'observateur est naturellement intelligent, mais n'a appris ni la géométrie ni la mécanique, il tirera de ces constatations les conclusions suivantes: « Mes masses exécutent un mouvement qui est causé au moins en partie par le système des étoiles fixes.

Les lois suivant lesquelles les masses se meuvent dans mon entourage sont déterminées également par les étoiles fixes ». Un homme ayant reçu une éducation scientifique sourira de la simplicité de notre observateur et lui dira: « Le mouvement de tes masses n'a rien à voir avec le firmament; il est déterminé d'une façon tout à fait indépendante des autres masses par les lois de la mécanique. Il y a un espace R où ces lois sont valables. Ces lois sont telles que tes masses restent constamment dans un plan de cet espace. Mais le système des étoiles fixes ne peut pas exécuter de mouvement de rotation dans cet espace, parce qu'il serait disloqué par des forces centrifuges énormes. C'est pourquoi il faut de toute nécessité qu'il soit en repos (du moins presque) s'il doit pouvoir durer; de là vient que le plan dans lequel tes masses se meuvent passe toujours par les mêmes étoiles fixes ». Mais notre intrépide observateur dira: « Il est possible que tu sois extrêmement savant. Mais de même qu'on n'a jamais pu me faire croire aux revenants, de même je ne crois pas à cette chose gigantesque dont tu me parles et que tu appelles l'espace. Je ne peux ni voir ni me figurer une chose pareille. Ou bien dois-je me représenter ton espace comme un réseau très subtil de corps, auquel je rapporterai les autres choses? Alors je pourrai me figurer, outre R, un deuxième réseau R', ayant un mouvement quelconque relativement à R (par exemple, un mouvement de rotation). Est-ce qu'alors tes équations seront valables en même temps relativement à R'? ». A cette question l'homme instruit fait avec assurance une réponse négative. Sur quoi l'homme ignorant: « Comment donc les masses savent-elles relativement auquel des " espaces „ R, R' etc. elles doivent se mouvoir conformément à tes lois? A quoi reconnaissent-elles l'espace vers lequel (ou les espaces vers lesquels) elles doivent se diriger? ». L'homme instruit est alors très embarrassé. Il insiste bien sur le fait qu'il faut qu'il y ait de pareils espaces privilégiés, mais il est incapable d'indiquer une raison pour laquelle ces espaces seraient avantagés. Là-dessus l'homme ignorant: « Alors je tiens, jusqu'à plus ample informé, tes espaces favorisés pour une invention oiseuse, et je garde l'idée que le firmament détermine également la manière dont les masses en expérience se comportent au point de vue mécanique ».

Je vais encore montrer d'une seconde manière la faute

dont notre physique se rend coupable contre les postulats les plus élémentaires de la philosophie. On s'efforcera en vain d'expliquer ce qu'il faut entendre sous le nom d'accélération d'un corps. On ne réussira à définir que des accélérations relatives, les accélérations des corps les uns par rapport aux autres. Mais, d'autre part, nous fondons notre mécanique sur l'hypothèse que, pour qu'un corps prenne une accélération, il faut une force (cause), sans faire attention que nous ne pouvons aucunement indiquer ce qu'on doit entendre par « accélération », parce qu'il n'y a que les accélérations *relatives* qui puissent être perçues.

Ce qu'il y a de critiquable dans notre manière de procéder est très joliment illustré par un exemple dont je suis redevable à mon ami Besso. Que l'on se figure être revenu à une époque antérieure où l'on admettait que la surface de la Terre est approximativement plane. Supposons que la conception suivante règne parmi les savants: il y a dans le monde une direction privilégiée sous le rapport physique, la verticale. C'est dans cette direction que tombent tous les corps quand ils ne sont pas soutenus. C'est à cela qu'il faut rapporter le fait que la surface de la Terre est grosso modo perpendiculaire à cette direction, qu'elle tend par conséquent à la forme plane. De même qu'ici l'erreur consiste en ce que, sans y être fondé, on avantage une certaine direction (cause fictive), au lieu de considérer simplement la Terre comme la cause de la chute, de même l'erreur que nous commettons dans notre physique consiste en ce que nous introduisons, sans y être fondés, des systèmes de référence privilégiés comme causes fictives; les deux cas sont caractérisés par le fait qu'on renonce à établir une raison suffisante.

Comme non seulement la mécanique classique mais encore la théorie de la relativité dans le sens strict présente le défaut fondamental qui vient d'être exposé, je me suis donné pour but de généraliser la théorie de la relativité de façon telle que cette imperfection soit évitée. Je reconnus d'abord que, dans une pareille théorie, il faut assigner à la gravitation universelle un rôle tout à fait fondamental. Car de ce qui précède il résulte déjà que tout processus physique, par le fait que des grandeurs d'énergie lui correspondent, engendre nécessairement aussi un champ de gravitation. D'autre part, le fait d'expérience que, dans un champ de gravitation, tous

les corps tombent de la même manière porte à penser que, dans un champ de gravitation, les processus physiques s'effectuent exactement comme ils s'effectueraient relativement à un système de référence accéléré (hypothèse de l'équivalence). En prenant pour base cette conception, je parvins à ce résultat que la vitesse de la lumière ne doit pas être regardée comme indépendante du potentiel de gravitation. Le principe de la constance de la vitesse de la lumière est donc inconciliable avec l'hypothèse de l'équivalence; par conséquent on ne peut pas faire accorder avec elle la théorie de la relativité dans le sens strict. Je fus ainsi conduit à regarder la théorie de la relativité dans le sens strict comme ne convenant qu'à des domaines à l'intérieur desquels il n'y a pas de différences perceptibles de potentiel de gravitation. La théorie de la relativité (dans le sens strict) devait être remplacée par une théorie plus générale qui la comprît comme cas limite.

Le chemin qui conduit à cette théorie ne peut être décrit par des mots que d'une façon tout à fait imparfaite.[1] La loi à laquelle l'hypothèse de l'équivalence conduit pour le mouvement du centre de gravité dans le champ de la pesanteur s'écrit facilement sous une forme telle que cette loi soit complètement indépendante du choix des variables déterminant le lieu et le temps. Par le fait qu'on laisse a priori le choix de ces variables tout à fait arbitraire, que, par conséquent, on n'avantage pas de systèmes de coordonnées pour l'espace et le temps, on échappe à l'objection d'ordre philosophique exposée plus haut. Dans cette loi de mouvement apparaît une grandeur

$$d s^2 = \sum_{\mu\nu} g_{\mu\nu}\, dx_\mu\, dx_\nu$$

qui est invariante, c'est-à-dire une grandeur indépendante du choix du système de référence (c'est-à-dire du choix des quatre coordonnées du temps et de l'espace). Les grandeurs $g_{\mu\nu}$ sont des fonctions de $x_1 .. x_4$ et servent à la représentation du champ de gravitation.

A l'aide du calcul différentiel absolu, qui a été développé par Ricci et Levi-Civita sur la base de recherches mathématiques de Christoffel, on réussit, en vertu de l'existence de

[1] Cfr. A. Einstein et M. Grossmann, «Zeitschrift f. Math. u. Physik», 62., S. 225, 1914.

l'invariante ci-dessus, à mettre à la place des systèmes d'équations connus de la physique théorique (dans le cas de la constance de tous les $g_{\mu\nu}$) d'autres systèmes de même signification qui sont valables tout à fait indépendamment du choix des coordonnées x_ν de l'espace et du temps. Tous les systèmes d'équations pareils contiennent les grandeurs $g_{\mu\nu}$, c'est-à-dire les grandeurs déterminant le champ de gravitation. Ces dernières ont donc une influence sur tous les processus physiques.

Mais inversement les processus physiques déterminent nécessairement le champ de gravitation, c'est-à-dire les grandeurs $g_{\mu\nu}$. On arrive aux équations différentielles déterminant ces grandeurs au moyen de l'hypothèse que, pour l'ensemble des processus matériels et du champ de gravitation, les principes de la conservation de l'impulsion et de l'énergie doivent être valables. Cette hypothèse restreint après coup, dans une large mesure, le choix des variables x relatives à l'espace et au temps, sans que cependant les difficultés d'ordre philosophique qui ont été exposées plus haut reparaissent de ce fait. Car, d'après cette théorie généralisée de la relativité, il n'y a plus de qualités physiques particulières à des espaces privilégiés. La marche de tous les processus est régie par les grandeurs $g_{\mu\nu}$, qui, de leur côté, sont déterminées par les processus physiques de tout le reste de l'univers.

Cette théorie satisfait parfaitement au principe de l'inertie et de la pesanteur de l'énergie. En outre, les lois du mouvement des masses pesantes sont telles que ce n'est pas l'accélération absolue (accélération par rapport à « l'espace ») qui apparaît comme réglant la manifestation de la résistance d'inertie, mais — comme cela doit être d'après les considérations cidessus — l'accélération par rapport à d'autres corps.

La théorie de la relativité dans le sens large ne comporte pas l'abandon de la théorie de la relativité antérieure, mais un développement de celle-ci, développement qui me semble nécessaire, si on se place au point de vue philosophique exposé plus haut.

Zurich, Polytechnicum.

A. Einstein

(Traduit par M. E. Philippi, licencié ès sciences — Paris).

LE PROBLÈME DE LA VOIE LACTÉE

Comment l'Univers est-il né? Telle est la question qui avait remué les idées des hommes depuis l'aube de la civilisation. On doit dire pourtant qu'une réponse à cette question ne serait pour nous d'aucune utilité directe, que ce serait par conséquent, selon l'opinion de W. Ostwald, se livrer à un travail dépourvu de valeur scientifique que de s'en occuper. Mais, d'un autre côté, on entend souvent exprimer l'opinion que les hypothèses de Kant et de Laplace, bien qu'elles ne correspondent plus du tout à l'état actuel de la science, représentent la plus belle floraison de la pensée humaine. Où est donc la verité?

Une réponse à cette question nous est fournie par le développement historique de l'astronomie dans son enfance. Ainsi que j'ai essayé de le montrer précédemment dans cette Revue,[1] l'astronomie doit sans doute sa naissance à des considérations de pure utilité. Ce fut la prédiction des changements de saisons, dans leurs rapports avec la température, l'humidité, les dépôts atmosphériques, la hauteur des eaux, etc., qui a été le point de départ des premières observations sur la position des corps célestes. Les savants méxicains et babyloniens ont, pendant des milliers d'années, recueilli des expériences sur ce sujet, les ont mises en tables et ont peu à peu amélioré ces tables qui correspondent à nos éphémérides. Mais ce qui dominait surtout dans ces expériences, ce fut la simple détermination chronologique des positions des corps célestes.

[1] « Scientia », 9, 287, 1911.

Même le plus grand des astronomes ayant vécu à Babylone, Kidinnu (au commencement du IIe siècle av. J.-C.), n'a jamais essayé de rendre compte des mouvements des étoiles à l'aide d'une simple généralisation. Ce grand pas a été fait par les Grecs, non par les philosophes d'Athènes, dont la plupart des écrits sont parvenus jusqu'à nous, mais par ceux du Sud de l'Italie et de la Sicile et, plus tard, par ceux d'Alexandrie. Déjà les Pythagoriciens (500 ans environ av. J.-C.) avaient admis l'existence d'un feu central autour duquel se mouvaient les corps célestes; et ils se seraient singulièrement rapprochés de nos idées à ce sujet, s'ils avaient identifié le Soleil avec le feu central. Le point culminant a été atteint par Aristarque (né à 270 av. J.-C.) qui a effectivement découvert le système de Copernic.

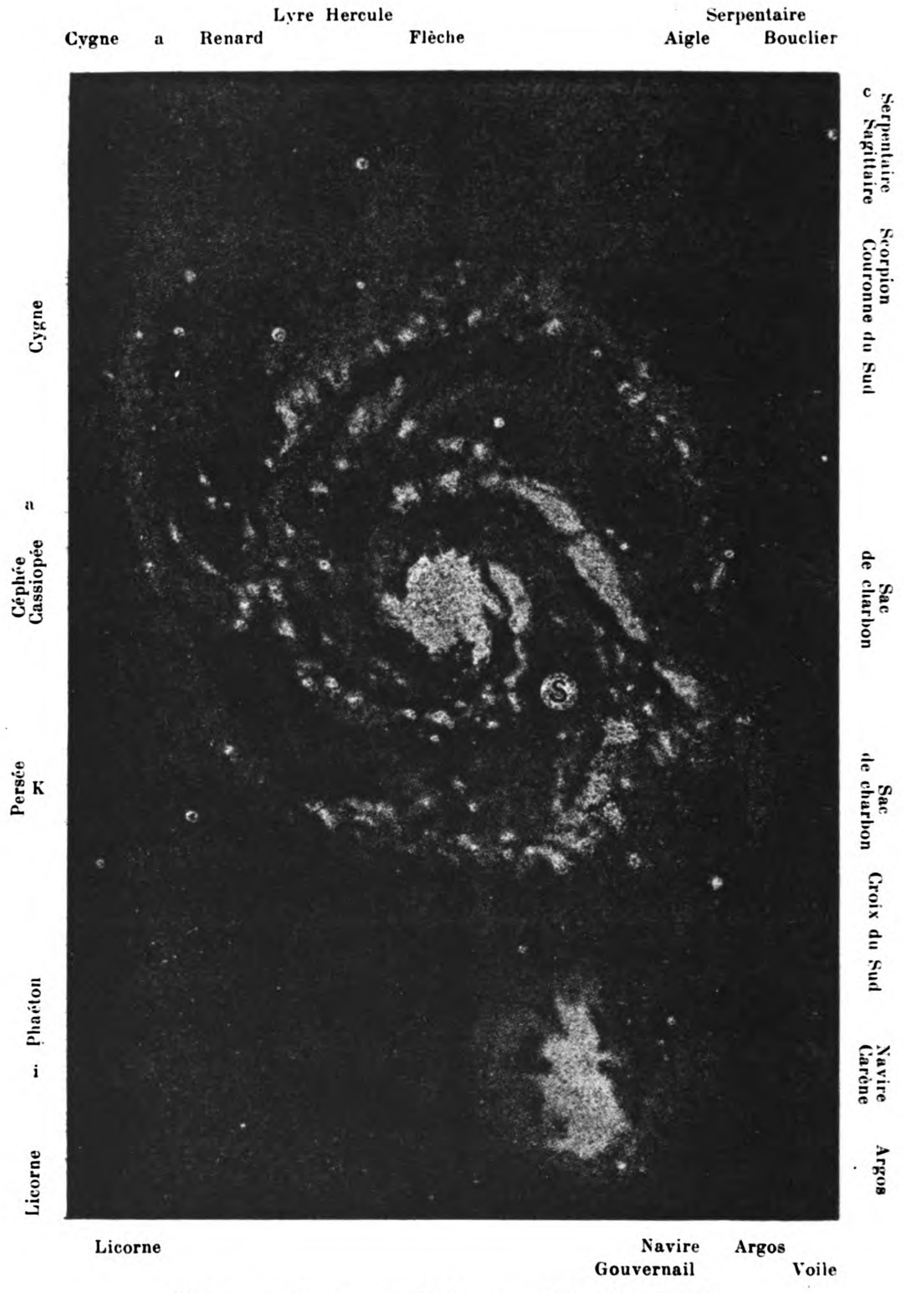
Or bien qu'Aristarque, — comme d'ailleurs tous les astronomes en général, dans la mesure où il ne s'agit pas de la simple détermination du temps, — n'ait su tirer de ses idées aucune utilité directe ni pour lui ni pour les autres, il n'en a pas moins droit, comme l'astronomie en général, à notre plus vive admiration. Il a été le premier qui fût parvenu à une conception scientifiquement exacte du système planétaire. Nous voyons nettement dans ce cas la grande importance que peut présenter une déduction scientifique « inutile » en apparence. Les hypothèses cosmogoniques occupent parmi ces déductions le premier rang. C'est ce qui a été reconnu de tout temps.

Jusqu'au dix-neuvième siècle, les observations relatives aux corps célestes se trouvant en dehors du système solaire étaient encore trop peu nombreuses pour donner naissance, en ce qui concerne leur nature, à des opinions autres que celle qui les identifiait avec les corps faisant partie du système solaire. Les observations de Herschel sur les nébuleuses ont fourni les premiers matériaux nouveaux et importants sur la nature des corps célestes plus éloignés, matériaux qui se sont accrus d'une façon énorme, surtout au cours du siècle dernier, à la suite de l'introduction de l'analyse spectrale et de la photographie du ciel.

Toutes les recherches sur les corps célestes visibles indiquent qu'ils se trouvent en relation étroite avec la Voie Lactée. Mais qu'est-ce que la Voie Lactée? La réponse la plus probable à cette question a été donné par le Hollandais Easton. La Voie Lactée est une nébuleuse spirale d'une grandeur ex-

traordinaire. Les nébuleuses spirales sont extrêmement répandues sur la voûte céleste; il n'y aurait rien d'extraordinaire si la Voie Lactée faisait partie de cette catégorie très répandue de corps célestes. Mais on doit reconnaître que le dessin de la Voie Lactée, conçue comme nébuleuse, dessin tel que le donne Easton, n'est pas fait pour inspirer la conviction. Tandis qu'en effet les nébuleuses spirales bien prononcées ne présentent que deux bras de spirale, Easton n'attribue pas moins de quatre ou cinq bras à la Voie Lactée telle que la représente son tracé. En outre, les bras de la Voie Lactée se fusionnent dans leurs tours les plus extérieurs, de façon a former un cercle, tandis que les bras des nébuleuses spirales s'écartent d'autant plus l'un de l'autre qu'on s'éloigne davantage du noyau de la nébuleuse. Cette difficulté se trouve d'ailleurs écartée, depuis que j'ai montré que lorsqu'on se représente le Soleil et la terre rélégués entre les deux spirales de la nébuleuse spirale typique Messier 51, dans les Chiens de Chasse (comparez-en la figure ci-jointe, où la place du Soleil est désignée par un S), on obtient de ce point de vue une image qui ressemble d'une façon étonnante et jusque dans ses moindres détails à l'aspect de la Voie Lactée.

Si nous tirons du point où se trouve un S (c'est-à-dire du Soleil) deux lignes vers les points a qui enferment la masse centrale de la nébuleuse, nous apercevons entre elles la partie la plus claire de la nébuleuse correspondant à la Voie Lactée du Cygne; à gauche nous apercevons (lorsque S se trouve à un centimètre environ au-dessus du papier) un anneau obscur enfermé entre deux bras (la Voie Lactée de Cepheus et de Cassiopée), et plus à gauche encore se trouve, dans la direction de K (dans Persée) une région très faiblement éclairée, suivie de nouveau d'une partie plus éclairée (dans Persée et dans Phaéton) et d'un affaiblissement (jusqu'à i, à la limite vers la Licorne). Nous sommes alors dans la partie australe du ciel étoilé et nous avons l'éclat lumineux intense dans la Licorne et, en face du Cygne, dans le navire Argo et plus loin dans la Croix du Sud (entre la Licorne et le Navire se trouve, dans la Voie Lactée, un endroit faiblement lumineux qui manque dans Messier 51). Viennent ensuite deux régions presque totalement dépourvues de luminosité, où la nébuleuse est déchirée (elles correspondent aux « sacs de charbon »), après quoi nous voyons de nouveau la nébuleuse dédoublée: en haut la



Photographie de la nébuleuse spirale Messier 51 dans les Chiens de Chasse, prise à Mount Wilson, dans la Californie du Sud.

branche qui s'étend à travers le Scorpion du Serpentaire, Hercule et la Lyre, en bas l'embranchement extrêmement fort du Sagittaire, du Bouclier, de l'Aigle, de la Flèche et du Renard. L'arc supérieur est plus prononcé dans la Voie Lactée que dans le modèle. Nous voilà maintenant revenus au point de départ dans le Cygne où la large masse centrale recouvre la spirale située derrière elle.

Les spectres des nébuleuses spirales ont été dernièrement examinés avec une grande précision par Fath, à Mount Wilson, et par Wolf, à Heidelberg. Ils ont trouvé que ces spectres ressemblent surtout à ceux des étoiles jaunes, comme à celui du Soleil. On observe en même temps quelques lignes claires qui ressemblent à celles des étoiles dites Wolf-Rayet. On doit en conclure que les étoiles les plus lumineuses des nébuleuses spirales ont à peu près la même composition que le Soleil (de la classe d'étoiles *G*) ou sont un peu moins développées (classe d'étoiles *F*, d'après la classification adoptée dans Harvard-University de Cambridge, en Amérique). On y trouve en outre des gaz lumineux, comme dans l'entourage des étoiles Wolf-Rayet. Au début, cette découverte semblait ne pas concorder avec la composition de la Voie Lactée, car on croyait, jusqu'à une époque récente, que les étoiles de la Voie Lactée étaient principalement des étoiles blanches. Entre-temps, Fath a obtenu en 1912, à l'aide des appareils extrêmement puissants de Mount Wilson, un spectre du fond faiblement lumineux de la Voie Lactée, où les étoiles ont une luminosité extrêmement faible et sont tellement rapprochées qu'il est impossible de les séparer les unes des autres. Le spectre ainsi obtenu s'est révélé comme continu, avec quelques lignes obscures analogues à celles qui s'observent dans les étoiles du type solaire. Il en résulte que la plupart des étoiles de la Voie Lactée sont constituées à peu près comme notre Soleil. Fath trouva en outre dans le même spectre une ligne claire, mais qui est faiblement développée et peut-être douteuse. Nous savons pourtant qu'il existe dans la Voie Lactée un grand nombre de nébuleuses irrégulières qui donnent le spectre nébulaire caractérisé par des lignes claires. On constate ainsi sur ce point encore une concordance entre la Voie Lactée et les nébuleuses spirales. Remarquons en passant que le spectre des essaims d'étoiles présente le même aspect, — point sur lequel nous reviendrons plus loin.

Démocrite avait déjà exprimé l'opinion que la Voie Lactée est composée d'une infinité de petites étoiles qui ressemblent à notre Soleil. Le coup d'œil divinatoire de ce plus grand philosophe de la nature du monde antique se trouve ainsi confirmé dans ce cas encore.

Mais comment se sont formées les nébuleuses spirales? Leur forme permet de supposer que deux courants de matière, sous la forme probablement gazeuse, se sont échappés de deux points diamétralement opposés d'une sphère en rotation. Il est difficile de se représenter ce mouvement et cet échappement autrement que comme l'effet d'un choc. Ritter, dans ses recherches classiques sur les corps célestes gazéiformes, avait dès 1878 conçu la formation de structures en forme de spirales comme l'effet d'une collision de deux soleils. Tous les savants ultérieurs qui ont travaillé dans ce domaine ont adopté sa manière de voir, tout en faisant parfois subir à sa théorie quelques modifications. La plus connue de celles-ci est celle de Moulton qui a cherché à montrer qu'une disposition en spirale de la matière peut se produire alors même que deux corps célestes se rapprochent l'un de l'autre, sans venir en contact. Ce serait la conséquence d'une sorte d'action de marée. Il est douteux que les spirales régulières que nous observons dans le ciel aient pu se former ainsi. J'ai attiré l'attention sur ce fait que l'énorme pression et la forte chaleur qui règnent à l'intérieur des étoiles augmentent considérablement l'effet. Si les deux masses gazeuses qui se rencontrent ont des grandeurs différentes, les deux spirales auront, comme dans Messier 51, une luminosité différente.

Or, les collisions entre étoiles sont extrêmement rares. En outre, nous ne connaissons pas d'étoiles particulières d'une grandeur telle que deux d'entre elles puissent donner naissance à une Voie Lactée. Il est par conséquent improbable que la Voie Lactée soit née de deux étoiles. Les énormes nébuleuses planétaires possèdent une grandeur bien plus considérable. Pour une de ces nébuleuses, la Nébuleuse du Hibou, dans la Grande Ourse (N.° 5 du catalogue de Herschel), on peut calculer qu'elle possède un diamètre de trois années lumineuses, si elle se trouve à la même distance (10.000 années lumineuses environ) que la partie la plus rapprochée de la Voie Lactée (cfr. plus bas).

En tenant compte de la vitesse relative habituelle de ces

corps célestes, vitesse qui est de 20 à 30 kilomètres par seconde, il faut admettre que deux de ces nébuleuses, si elles entraient en collision, mettraient 20.000 à 40.000 années environ pour passer l'une devant l'autre. Les parties — la masse centrale de la nébuleuse en formation — qui se trouveraient mises en contact, atteindraient le repos, c'est-à-dire reviendraient à la vitesse relative moyenne. Leur température augmenterait alors de 5.000 à 10.000 degrés, c'est-à-dire atteindrait un degré de chaleur très élevé. A la suite de cette grande élévation de la température, la vitesse des molécules en collision augmenterait considérablement, elles s'échapperaient dans toutes les directions et abandonneraient en partie leur mouvement aux molécules gazeuses les plus rapprochées. La vitesse de la masse augmenterait ainsi du centre vers l'extérieur et il en résulterait, sous l'influence de la pesanteur, un mouvement rotatoire de la masse entière. Les masses gazeuses les plus éloignées vers l'extérieur continueraient leur chemin d'une façon relativement peu troublée, tandis que les parties situées plus près du centre de rotation s'enrouleraient, en donnant ainsi naissance à une formation en spirale, à peu près comme si la collision s'était produite entre deux Soleils.

De cette spirale nébuleuse les étoiles se développeraient ensuite progressivement, par conglomération. On observe dans les spirales des nébuleuses de forts noyaux de condensation où les étoiles sont disposées en grands amas. A côté, on trouve des endroits qui paraissent obscurs et sont par conséquent relativement vides. Au début, les étoiles continuent naturellement le mouvement de la matière de la nébuleuse, mais commencent plus tard à graviter les unes vers les autres, de sorte que le mouvement devient d'autant plus irrégulier qu'elles ont mené pendant plus longtemps une existence indépendante. Tant que la nébuleuse était là, la distribution régulière de la matière le long de l'arc de la spirale empêchait un déplacement dans la direction de l'arc, et il ne pouvait se produire perpendiculairement à celui-ci qu'une concentration lente, contre-balancée par la pression gazeuse et la chaleur de condensation.

Si on observe dans cet arc les nébuleuses et les étoiles, en prenant pour point d'observation une étoile qui s'en est détachée et qui garde le mouvement primitif, on trouve que les parties nébuleuses ne présentent aucun mouvement dans

la ligne de vision, mais qu'au contraire les étoiles présentent un mouvement d'autant plus prononcé qu'elles sont plus anciennes. Cette particularité, si nous nous en rapportons à la statistique réunie par Boss, Kapteyn, Campbell et autres, est très frappante. Je donne ci-dessous la statistique très instructive de Kapteyn dans laquelle les corps célestes les plus jeunes sont placés les premiers.

Corps célestes	Vitesse	Nombre
Nébuleuse diffuse dans Orion	0,1 Km.	1
Étoiles Wolf-Rayet	3,7 »	2
Étoiles Helium (de B à B 9)	6,5 »	64
Étoiles H blanches (de A à A 5)	12,6 »	18
» » (de F à F 8)	14,5 »	17
Étoiles jaunes (de G à G 5)	12,6 »	26
» » (de K à K 5)	15,4 »	55
Étoiles rouges Ma	19,3 »	6
Étoiles rouge rubis N	13,1 »	8
Nébuleuses planétaires	26,8 »	13

Les classes d'étoiles citées entre parenthèses répondent à la classification du catalogue de Harvard. Les étoiles rouge rubis ne se laissent pas ranger dans la série, ce qui peut tenir en partie au nombre insuffisant des objets observés, en partie aussi à ce qu'on a attribué à leur âge une valeur trop élevée.

Kapteyn a donné récemment dans cette Revue[1] un exposé détaillé de tous ces faits, exposé auquel je renvoie le lecteur.

Les nébuleuses planétaires forment une exception apparente. A en juger par leur mouvement, elles devraient appartenir aux corps célestes les plus anciens. Mais, d'un autre côté, leur spectre gazeux montre qu'elles n'ont pas encore commencé à se condenser d'une façon prononcée, ce qui indiquerait qu'elles sont encore très peu avancées dans leur développement, tout comme les nébuleuses gazeuses diffuses. Dans leur centre on observe généralement une étoile, plus chaude et plus épaisse que la région qui l'entoure. La seule explication possible est que ces corps ont émigré dans le voisinage de la Voie Lactée, en venant d'autres systèmes d'étoiles. Ils possèdent en effet, par rapport à notre système, toute la vitesse relative d'un système d'étoiles étranger, et c'est peut-être l'attraction vers notre système qui les accélère précisément dans la direction de la ligne de la vision.

[1] Kapteyn, " Scientia,, 14, 345, 1913.

Afin d'obtenir des informations plus détaillées sur cette classe intéressante de corps célestes observée par Keeler,[1] j'ai calculé pour chacun des treize objets en particulier la position par rapport à la Voie Lactée et le mouvement propre. Cinq de ces objets se trouvent à l'intérieur de la Voie Lactée, et leur mouvement dans la ligne de la vision est, selon qu'on fait ou non la correction qui découle du mouvement du Soleil, de:

+ 6,5 (— 3,3), — 24,4 (— 32,0 incertain), + 15,0 (+ 6,3)
+ 39,4 (+ 30,1) et + 34,4 (+ 25,3 incertain).

Les chiffres non-corrigés, observés directement par Keeler, sont placés entre parenthèses. Les chiffres corrigés, à l'exception du deuxième, indiquent que ces corps se meuvent en s'éloignant de nous (le signe + a cette signification). La vitesse moyenne n'est pas inférieure à 24 milles anglais (mesure de longueur adoptée par Keeler) ou 38,6 kilomètres par seconde.

Les autres corps se trouvent en dehors de la Voie Lactée. Je les divise en deux groupes qui sont les suivants.

Deux d'entre eux sont situés à 5 et à 6 degrés respectivement et deux autres à 15 et à 16 degrés respectivement du point le plus rapproché de la Voie Lactée. Leurs vitesses sont, pour les deux premiers, de + 4,1 (— 6,0) et de — 1,2 (— 7,1) et, pour les deux derniers, de — 3,4 (— 10,4) et de — 31,4 (— 40,2) milles anglais par seconde. Les quatre autres sont plus éloignés de la Voie Lactée, et notamment de 31, 35, 36 et 42 degrés. Leurs vitesses sont respectivement de — 10,9 (— 21,3), — 17,0 (— 6,3 incertain), — 24,8 (— 30,9) et — 1,7 (+ 3,7) milles anglais par seconde. Tous, à l'exception d'un seul, qui est d'ailleurs le plus proche de la Voie Lactée, possèdent des vitesses négatives, c'est-à-dire se rapprochent de nous, et cela avec une vitesse moyenne de 11 milles anglais environ, ou 17 kilomètres par seconde.

Cette grande régularité indique que ces nébuleuses, situées en dehors de la Voie Lactée, se précipitent vers celle-ci, et le fait que dans un cas une nébuleuse s'éloigne de notre point d'observation peut s'expliquer très facilement, en supposant qu'elle est arrivée près de nous avec une vitesse initiale qui l'éloigne de nous, bien que le mouvement soit dirigé vers le

[1] KEELER, *Publications of the Lick Observatory*, 3, 217, 1894. Cfr. ARRHENIUS, *Meddelanden från K. Vet.-Akad's Nobelinstitut*, 2, N. 21, 1912.

plan de la spirale de la Voie Lactée. Si le mouvement de toutes ces nébuleuses présente la même direction, ce fait ne peut être expliqué autrement qu'en admettant qu'elles sont toutes orientées dans cette direction par l'attraction de la Voie Lactée.

Les nébuleuses situées dans la Voie Lactée se comportent d'une façon toute différente. A l'exception de la deuxième, qui se trouve dans le Serpentaire, elles sont toutes situées dans les constellations du Cygne, de la Flèche et de l'Aigle, c'est-à-dire, vues par nous, vers le centre de la Voie Lactée. Il est naturel que la gravitation les attire vers ce centre, ce qui les oblige à s'éloigner de nous. Il n'en est pas de même, en revanche, de la nébuleuse se trouvant dans le Serpentaire. Ainsi que le montre le dessin, pendant qu'elle vogue vers la partie la plus dense de la Voie Lactée, elle se rapprochera du Soleil. Comme nous ne possédons qu'un exemple unique de ce genre, il serait risqué d'y attacher une importance éxagérée, mais il est évident que l'étude des mouvements des nébuleuses planétaires peut nous permettre de nous orienter en ce qui concerne la structure de la Voie Lactée.

On peut en dire à peu près autant, quant à la distribution des différentes classes d'étoiles. Nous possédons à ce sujet une statistique très instructive de Pickering.[1] Cet auteur divisa le Ciel en quatre parties égales, dans le sens de la latitude galactique, et rechercha dans quelle proportion les différentes classes d'étoiles sont représentées dans ces quatre régions du Ciel. Si la distribution ne reposait que sur le jeu d'un hasard, on devrait, lorsque le nombre des étoiles est grand, trouver dans chaque région 25 % environ de chaque classe d'étoiles. Mais elles sont bien plus nombreuses dans la région de la Voie Lactée, d'autant plus nombreuses que les étoiles sont plus jeunes, ainsi que cela ressort clairement du tableau suivant, où les étoiles sont rangées dans l'ordre de l'âge. Cette statistique comprend des étoiles jusqu'à la grandeur B, 25.

Classe Harvard	Rég. I ± 8,1° lat. galact.	Rég. II ± 21,6° lat. galact.	Rég. III ± 39,8° lat. galact.	Rég. IV ± 62,3° lat. galact.
B	367 = 51,3 %	227 = 31,7 %	85 = 11,9 %	37 = 5,2 %
A	705 = 37,4 »	539 = 28,6 »	345 = 18,3 »	296 = 15,7 »
F	212 = 29,4 »	200 = 27,8 »	152 = 21,1 »	156 = 21,7 »
S	183 = 30,1 »	170 = 27,9 »	128 = 21,0 »	128 = 21,0 »
K	505 = 29,4 »	459 = 26,7 »	377 = 21,9 »	378 = 22,2 »
M	122 = 26,7 »	126 = 27,6 »	108 = 23,6 »	101 = 22,1 »

[1] E. C. Pickering, *Annals Harvard C. O.*, 64 (4), 143, 1909.

Les étoiles rouges de la classe M sont les plus anciennes. Elles sont restées si longtemps indépendantes de la nébuleuse environnante qu'elles ont adopté toutes les directions de mouvement possibles perpendiculairement à la direction du courant de la nébuleuse, de sorte qu'elles sont distribuées d'une façon presque irrégulière, comme d'après la règle du hasard. Il ne reste qu'un très léger excédent de 5 % environ au profit des régions situées le plus près de la Voie Lactée. Les étoiles de la classe B (étoiles helium), qui n'ont abandonné la nébuleuse que depuis un temps relativement court, se comportent d'une façon toute différente. Ici l'excédent au profit de la région I est énorme, et dans la région IV on ne trouve que 5,2 % de ces étoiles, c'est-à-dire dix fois moins que dans la région I, d'égales dimensions. La statistique montre très nettement que la distribution dans les quatre régions devient d'autant plus régulière que les étoiles sont plus anciennes. Des recherches plus détaillées permettront de reconnaître quelles sont les parties de la Voie Lactée qui, abandonnant l'état nébuleux, se sont condensées les premières et quelles sont les parties qui ont subi cette transformation les dernières.

Le fait que toutes les nébuleuses planétaires, situées dans la Voie Lactée, se rapprochent de son centre, nous permet de conclure qu'elles éprouvent dans leur mouvement une grande résistance. Ceci est naturellement l'effet de cette circonstance que la matière nébuleuse se trouve encore disséminée dans la Voie Lactée en grande quantité; et le même phénomène se manifeste encore par le fait que les grandes nébuleuses diffuses se trouvent dans le voisinage immédiat de la Voie Lactée ou dans la Voie Lactée elle-même, comme la nébuleuse d'Orion, plusieurs nébuleuses du Cygne, de Cassiopée, de Persée, des Pléiades, de la Baleine, etc. Kapteyn trouve également que l'extinction de la lumière stellaire dans le voisinage de la Voie Lactée est plus considérable qu'à un certain éloignement de celle-ci, mais Comstock ne croit pas pouvoir souscrire à cette affirmation.

Par suite de cette circonstance, les nébuleuses planétaires, bien qu'elles n'aient pas toujours fait partie du système de notre Voie Lactée, mais qu'elles y aient immigré, sont accumulées en nombre relativement considérable dans la Voie Lactée, où on les observe avec une fréquence deux fois plus grande que dans l'autre voûte céleste. Il en est à peu près de même des amas

stellaires dont R. A. Proctor et Sidney Waters ont tracé des cartes que T. J. J. See a reproduites dans son *Evolution of stellar systems,* vol. 2, p. 102. D'après Fath, les spectres de ces corps célestes sont de même nature que celui de la Voie Lactée. Ces formations se distinguent, comme les nébuleuses planétaires, par leur contour presque circulaire. Il est donc permis de supposer qu'elles sont nées de nébuleuses planétaires, par condensation de celles-ci, de même que les étoiles de la Voie Lactée sont nées de leur nébuleuse primitive. v. Zeipel, qui a fait une étude approfondie de ces corps célestes, est arrivé à cette conclusion que nous ne percevons pas seulement un centième de toutes les étoiles qui se trouvent dans l'amas. Ils représentent donc en partie des formations très puissantes, composées de cent mille étoiles environ, et leur masse semble ainsi bien en rapport avec la masse gigantesque de certaines nébuleuses planétaires.

D'après les dessins de Proctor et Waters, les essaims d'étoiles paraissent exister le long de toute la Voie Lactée; d'après Perrine [1] il se trouve une condensation très prononcée de ces essaims dans la région de l'Archer, de l'Aigle et du Serpentaire, où la Voie Lactée est très large et ramifiée, tandis que la partie la plus boréale de la Voie Lactée (dans Cassiopée et son voisinage) est presque dépourvue d'amas d'étoiles. Les essaims d'étoiles se distinguent encore par cette particularité qu'ils sont très riches en étoiles faibles (de la 15e à la 17e grandeur) qui y forment un arrière-fond, ainsi que dans la Voie Lactée, tandis qu'en dehors des essaims et de la Voie Lactée ces étoiles faibles s'observent de 4 à 10 fois moins souvent que les étoiles les plus grandes (10ème à 13ème grandeur). Tout semble donc indiquer que les essaims d'étoiles ont parcouru le même cycle de formation que la Voie Lactée.

D'après Kapteyn, les deux traînées stellaires qu'il a découvertes et qui renferment la plupart des étoiles visibles, seraient nées de nébuleuses primitives. Et c'est ainsi que la voie suivie par lui nous amène également à la conclusion qu'à la formation de la Voie Lactée ont pris part des masses nébuleuses énormes, animées d'un mouvement uniforme et dépassant de beaucoup les plus grandes nébuleuses planétaires que nous connaissions. D'après la manière de voir exposée

[1] PERRINE, « Lick Observatory Bulletin », 155, 1909.

plus haut, la Voie Lactée serait née de la collision de deux de ces nébuleuses. Les grandes étoiles que nous observons sont presque toutes très proches de nous et sont par conséquent dérivées des deux tours les plus rapprochés de la nébuleuse spirale. On comprend donc que deux directions principales prédominent dans leurs mouvements. Si nous pouvions observer les étoiles les plus éloignées, dans les parties situées en arrière du centre de la nébuleuse, nous constaterions selon toute probabilité un mouvement en sens opposé. Mais l'éloignement est très grand. D'après l'estimation de Kelvin, le diamètre de la Voie Lactée, qui concorde bien avec la distance qui sépare les deux arcs de spirale les plus rapprochés de nous, serait de 3000 années lumineuses; d'après Wolf, cet éloignement serait sept fois plus considérable. Cette dernière estimation est d'ailleurs la plus vraisemblable. Il est donc très peu probable que nous puissions découvrir, dans ces régions, situées derrière le centre, un certain nombre de grandes étoiles, susceptibles de nous renseigner sur la direction que suit ici le courant de matière. Les étoiles irrégulièrement distribuées qui se trouvent à proximité de nous comprendront la plupart des grandes étoiles des parties correspondantes du ciel.

Si les étoiles se déplacent dans la direction de l'arc de la spirale avec une vitesse moyenne de 20 kilomètres environ par seconde (ou de 62 millions de kilomètres par an), ce qui correspond à peu près à la vitesse de mouvement des masses nébuleuses planétaires, elles auront besoin d'environ 3.10^{10} années pour décrire autour du centre un circuit complet. On suppose à ce propos que la distance du Soleil au centre est (ainsi que le représente la figure ci-jointe) une fois et demie plus grande que la distance séparant les deux spirales et que l'estimation des distances donnée par Wolf est jusqu'à un certain point exacte. — Or les étoiles intérieures se déplaceront avec une vitesse angulaire plus grande que les étoiles situées vers l'extérieur. Après un circuit des parties extérieures, toute la Voie Lactée sera complètement déformée et les tours beaucoup plus enroulés qu'actuellement. Peu à peu la Voie Lactée sera transformée en un chaos compliqué. En outre, les masses nébuleuses pénétrant dans son intérieur ou passant à côté d'elle déchiqueteront la spirale et transformeront la condensation progressive des masses gazeuses en étoiles irrégulièrement distribuées. C'est ce lent processus de dissolution de la Voie

Lactée qui a si fortement impressionné W. Herschel au cours de ses observations qu'il l'a même décrit comme s'accomplissant rapidement. Il est vrai que le temps nécessaire à la dissolution embrasse plusieurs milliards d'années. L'impression de Herschel était (et il est facile de le voir) que la Voie Lactée avait déjà atteint un degré très avancé de dissolution.

Poincaré[1] estime la vitesse de rotation maxima de la Voie Lactée à 0,002 secondes d'arc par an, ce qui correspond à une période de circuit de 650 millions d'années, c'est-à-dire à une vitesse 50 fois supérieure à celle estimée plus haut; il n'en ajoute pas moins qu'une pareille vitesse de mouvement échapperait complètement à notre observation.

Tous les astronomes qui ont examiné les nébuleuses planétaires trouvent que leur nombre est bien plus considérable dans la Voie Lactée ou dans son entourage immédiat que dans le voisinage des pôles galactiques. Bohlin a établi une carte stellaire destinée à montrer leur distribution. On voit sur cette carte que la moitié de la Voie Lactée qui s'étend du Cygne à la Lyre, au Renard, au Bouclier, au Serpentaire, au Scorpion et à l'Archer renferme plus de nébuleuses planétaires que l'autre moitié qui va de la Licorne à Cassiopée, en passant par Phaéton. La partie principale, c'est-à-dire celle qui renferme la plupart des nébuleuses planétaires, se trouve dans le Serpentaire, le Bouclier, l'Archer et le Scorpion. Cette circonstance indique que toute la Voie Lactée se déplace dans l'espace, et cela dans la direction du Serpentaire, soit vers le point *c* de notre figure. Les nébuleuses doivent notamment être captées en plus grand nombre au niveau de la partie antérieure de la direction de mouvement qu'au niveau de sa partie postérieure.

Les essaims d'étoiles présentent une distribution à peu près analogue, avec cette différence qu'ils sont un peu plus concentrés. D'après Perrine, il existe un double centre à 17 heures de rectascension et 25° S. de déclination, soit à 18 heures 15 minutes de rectascension et 30° S. de déclination dans le Serpentaire et l'Archer. Ce double maximum est évidemment un effet de la dichotomie de la Voie Lactée dans cette région. Cette distribution est également un indice d'un mouvement intense de la Voie Lactée vers le point *c*. La vitesse devrait être de l'ordre de grandeur d'environ 25 kilomètres par seconde.

[1] H. Poincaré. *Hypothèses cosmogoniques*, Paris, 1911, p. 263.

On sait que Kapteyn a démontré que la plupart des étoiles se trouvant dans notre voisinage se composent de deux grands courants dont l'un a son point de convergence dans le Grand Chien et l'autre dans la Couronne du Sud. Il n'est pas difficile, à l'aide de notre dessin, de se faire une idée de l'apparition de ces courants. Les deux courants correspondent aux deux arcs de spirale dont ils se sont dégagés, en se mélangeant ensuite sous l'action de la gravitation. Que l'un de ces courants soit plus fort et que l'autre ne renferme presque pas d'étoiles d'hélium, c'est ce qu'il est facile de comprendre, si l'on suppose que, par suite de la puissance inégale des deux masses gazeuses en collision, les deux bras de la spirale présentent une force inégale et que le courant gazeux le plus faible s'est condensé plus vite. On ne peut pas, ainsi que le fait observer Kapteyn, tirer beaucoup de conclusions de la différence des points de convergence des deux courants, cette différence se trouvant en rapport avec le mouvement propre du Soleil. Kapteyn a encore supposé que les bouts opposés d'une masse gazeuse d'une longue étendue précipitent les deux courants vers le point de gravité commun, c'est-à-dire déterminent leur mouvement dans des directions diamétralement opposées. Kapteyn a ainsi essayé de faire prévaloir l'opinion d'après laquelle les deux courants appartiendraient au même système. La difficulté réside seulement dans le fait que nous n'observons dans le ciel aucune masse gazeuse d'une pareille étendue. En revanche, cette manière de voir se concilie bien avec notre conception, puisque le courant le plus rapproché du centre doit posséder une vitesse angulaire beaucoup plus considérable que celle du courant plus éloigné. Les deux courants sont presque entièrement situés dans le plan de la Voie Lactée; ils ne s'écartent du plan médian de celle-ci que de 7,2 et de 12 degrés. Kapteyn attache avec raison une grande importance à cette circonstance, puisqu'elle est une preuve des rapports étroits qui existent entre la Voie Lactée et les traînées d'étoiles. Cette régularité se comprend d'elle-même, si on adopte notre manière de voir.

Stockholm, Nobelinstitut.

SVANTE ARRHENIUS

(Traduit par M. le Dr. S. Jankelevitch - Paris).

LES ACTIVITÉS PHYSIOLOGIQUES FONDAMENTALES

PREMIER ARTICLE.

L'activité nerveuse et les processus élémentaires qui lui servent de base.

L'activité nerveuse est sans conteste la plus noble et la plus haute manifestation de la vie animale, et il n'y a rien d'étonnant si de nombreux penseurs en ont fait, depuis des temps très reculés, l'objet de ce qui était à la vérité de la spéculation philosophique plutôt que de la recherche expérimentale. Il paraissait en effet que, de tous les phénomènes vitaux, elle fût le moins susceptible de mesure.

Mais de nos jours la physiologie tend à donner de tous les phénomènes qu'elle étudie une explication physico-chimique, en procédant délibérément, toutes les fois qu'elle le peut, à leur examen quantitatif; et à cette tendance ne pouvait se soustraire le phénomène de l'activité nerveuse dans le domaine de laquelle le travail accompli principalement au cours de ces dernières années a déjà donné des résultats qui méritent d'être résumés avec une brièveté conclusive. Et le fait qu'à l'activité cérébrale se trouve associée une série de phénomènes n'ayant pas leur pendant dans l'activité des autres systèmes organiques, ne change en rien l'attitude que l'expérimentateur doit adopter à l'égard des problèmes fonctionnels du système nerveux, s'il veut aboutir à une œuvre de physiologie pure.

Les phénomènes psychiques, en effet, forment encore aujourd'hui, par nécessité de méthode, un objet de recherche

distinct; ce qui n'empêche d'ailleurs pas que le problème fondamental, commun à la physiologie et à la psychologie, reste toujours celui des relations qui existent entre l'activité psychique, d'un côté, l'organisation et l'activité fonctionnelle du système nerveux, de l'autre.

Une conception mécanique de la vie ne serait pas complète, si elle ne donnait pas l'explication physico-chimique des processus psychiques; mais tout en admettant la possibilité d'une pareille explication, ce serait une folie que d'entreprendre un travail aussi immense, en commençant par aborder les phénomènes les plus complexes. Il faut, au contraire, commencer par scinder tout phénomène psychique et physiologique complexe en ses composantes simples et expliquer celles-ci les unes après les autres. C'est que si des points de contact entre les deux séries de phénomènes dont on cherche les relations doivent jamais apparaître à l'horizon, cela ne se fera que lorsque nous aurons préalablement élucidé d'une façon complète les processus élémentaires qui servent de base à l'activité psychique d'une part, à l'activité physiologique du système nerveux, d'autre part.

Au seuil de l'activité nerveuse et psychique nous rencontrons les tropismes, c'est-à-dire des phénomènes qui, sans être déjà élémentaires, sont encore relativement simples; après les tropismes, viennent les actions nerveuses réflexes et ensuite les instincts qui sont des actes réflexes compliqués et devenus automatiques par hérédité; en dernier lieu viennent la mémoire associative et la conscience. On doit procéder à l'analyse comparée expérimentale de ces phénomènes par degrés, en s'efforçant d'échapper à la puissance suggestive et inhibitrice des mots et en affrontant les concepts synthétiques que ceux-ci expriment avec la conviction que, pas plus que les manifestations des forces de la nature et de l'activité humaine, ils ne résisteront à la pointe aiguë de l'analyse.

La neurologie comprend deux parties fondamentales: l'étude de l'origine des dispositions structurales et des fonctions du système nerveux considéré dans son ensemble et dans ses rapports avec les autres systèmes de l'organisme vivant; et l'étude des processus élémentaires qui se déroulent dans les éléments morphologiques du tissu nerveux. Jusqu'à nos jours les savants ont fait bien plus de chemin dans le premier que

dans le deuxième de ces champs de recherche. Je n'en ai pas moins cru plus utile de résumer principalement les résultats obtenus jusqu'ici dans ce dernier, parce que je considère que la tâche la plus urgente des neurologistes consiste à rechercher avec ordre et quantitativement les processus nerveux élémentaires.

En ce qui concerne la fine structure du système nerveux, il est un point, de nature morphologique, qui, comme une pomme de discorde, divise toujours les neurologistes en les rangeant dans deux camps adverses: les éléments cellulaires du tissu nerveux présentent-ils entre eux une connexion *par contiguitatem* ou *par continuitatem?*

D'après la « théorie de la continuité des neurofibrilles », lesquelles sont aujourd'hui unanimément reconnues comme l'élément conducteur par excellence, le système nerveux formerait un immense réseau répandu dans les organes périphériques et dans les centres nerveux. Or, si cette théorie simplifie, d'une part, la tâche du physiologiste, puisqu'elle prétend déduire toutes les fonctions nerveuses des propriétés des neurofibrilles et des réseaux qu'elles forment dans les cellules et hors d'elles, elle nous éloigne en réalité, d'autre part, d'une explication satisfaisante de quelques obscures propriétés centrales.

Ce qui forme la partie essentielle de la « théorie des neurones », à laquelle les observations de Harrison, Burrows, Braus, Lewis, etc. ont, au cours de ces dernières années, apporté un nouvel appui, c'est l'hypothèse que les éléments cellulaires du tissu nerveux ne sont continus ni entre eux ni avec la substance vivante des éléments récepteurs et effecteurs. Chaque élément nerveux est constitué par une masse de protoplasma, globulaire ou pyramidale ou de toute autre forme, contenant un noyau, et par des prolongements. Parmi ceux-ci on distingue: les dendrites qui ont la même composition que la masse nucléée, mais qui, étant nombreux, très ramifiés et munis d'appendices en forme d'épines, qui en développent grandement la surface, peuvent être considérés comme du neuroplasma diffus, chargé d'une fonction éminemment réceptrice; et le cylindraxe qui, à une petite distance de la masse neuroplasmique nucléée, appelée encore *péricarion,* se présente recouvert d'une gaîne de myéline, est plus ou moins long, émet dans les centres des fibres collatérales et se ramifie fi-

nalement à la périphérie où il forme, après s'être dépouillé des gaînes qui le revêtaient, l'arborisation terminale qui semble également avoir pour office d'augmenter la surface de contact avec les éléments morphologiques avec lesquelles les fibres nerveuses se conjuguent.

Chaque péricarion, avec les prolongements dendritiques et l'unique cylindraxe qui en partent, constitue une unité morphologique élémentaire, une cellule nerveuse complète ou, comme on dit encore généralement, un neurone.

Les différents neurones, qu'on peut distinguer en afférents, efférents et centraux ou inter-centraux, présentent entre eux une connexion telle que les ramifications axoniques terminales d'un neurone se trouvent en contact avec les dendrites et le péricarion d'un ou de plusieurs autres neurones. Toute voie nerveuse, même la plus courte, est composée d'au moins deux neurones réunis en chaîne; et le courant des impulsions nerveuses va normalement des organes récepteurs aux neurones afférents, se dirige par les terminaisons cylindraxiles de ceux-ci aux dendrites des neurones efférents ou des neurones centraux intercalés, et aboutit finalement, en passant par les terminaisons cylindraxiles des neurones efférents, aux éléments des organes effecteurs: il ne suit jamais la direction opposée. En d'autres termes, dans les limites d'un seul et même neurone, le courant des excitations suit toujours la direction qui conduit des dendrites au cylindraxe; dans les chaînes neuroniques, il va du cylindraxe aux dendrites du neurone contigu.

Deux conséquences importantes découlent de ce fait. La première est que, du fait des contacts entre neurones, dits *synapses* ou *jonctions inter-neuroniques,* et du fait des *jonctions senso-neurales, neuro-musculaires* et *neuro-glandulaires,* les excitations doivent passer d'une unité morphologique à une autre, distincte, de même nature ou de nature diverse. La deuxième conséquence est que le même neurone pouvant, par l'intermédiaire des ramifications terminales de son cylindraxe et des collatérales de celui-ci, se mettre en relation avec plusieurs autres neurones, on trouve ainsi réalisée cette notable économie de neuroplasma qui caractérise le système nerveux centralisé des animaux supérieurs.

Après avoir rappelé ces brèves notions morphologiques fondamentales, nous pouvons aborder l'étude des propriétés physiologiques générales du système nerveux qui sont l'ex-

pression directe ou indirecte des processus élémentaires qui se déroulent dans les éléments histologiques du tissu nerveux. Déjà lors de la période classique de la physiologie elles ont été distinguées en *propriétés des nerfs,* ou des fibres nerveuses, et en *propriétés des centres,* en entendant arbitrairement par ces dernières les propriétés des masses neuroplasmiques nucléées.

Seule une analyse expérimentale minutieuse et approfondie, telle qu'elle n'a été inaugurée que très récemment à l'aide de méthodes rigoureuses, et qui exigera le travail assidu de plusieurs générations de physiologistes, pourra nous fournir une connaissance satisfaisante des processus nerveux élémentaires et nous mettre à même de distinguer les propriétés exclusives des centres de celles qui sont communes aux nerfs et de découvrir la véritable cause qui engendre les premières.

Dans le tissu nerveux est développée au plus haut degré la propriété, par ailleurs commune à tout protoplasma, de conduire les excitations, la *conductibilité,* comme dans les muscles est développée au plus haut degré la contractilité, dans les glandes l'activité sécrétoire, dans les cellules sensorielles la réceptivité pour les stimulants extérieurs adéquats.

Lorsqu'un nerf est stimulé en un point par une secousse électrique, par exemple, il s'y produit un changement qui est l'effet immédiat du stimulus et qui s'appelle *excitation* ou *processus excitatoire local* (K. Lucás). Celui-ci, à son tour, provoque dans les fibres nerveuses une perturbation de l'état d'équilibre qui se propage dans les deux directions à partir du point stimulé.

En vérité, les processus excitatoires sont localisés normalement aux extrémités des neurones, qui correspondent aux jonctions senso-neurales ou interneuroniques ou dans les péricarions, tandis que les fibres nerveuses périphériques ou centrales ne sont jamais exposées à l'action directe des stimulants extérieurs. Aussi les résultats se rapportant au processus excitatoire local provoqué expérimentalement à l'aide de stimulations électriques ne sont-ils pas applicables tels quels aux processus physiologiques.

Pour ce qui concerne les stimulants extérieurs, Nernst a formulé une hypothèse d'après laquelle la condition essentielle à laquelle doit satisfaire un courant stimulant pour provoquer l'excitation locale consisterait dans la production d'une concentration définie de certains ions sur la surface d'une mem-

brane, imperméable pour eux, qui existerait dans le tissu stimulé; à la suite de quoi, aussitôt que la variation de concentration des ions en question a atteint une certaine valeur, le processus d'excitation locale commence à se dérouler dans le tissu. Cette hypothèse, comme toute hypothèse, est provisoire et n'explique pas tous les faits expérimentalement certifiés. Mais bien qu'on ne puisse pas dire avec certitude quels sont les ions qui subissent précisément un changement de concentration, et bien qu'il soit permis de douter même de la nécessité d'une membrane semi-perméable, on peut affirmer, tout en prévoyant que la formule actuelle subira des modifications, que l'hypothèse à laquelle aboutira le travail expérimental des physiologistes ne différera pas beaucoup de l'hypothèse primitive de Nernst. Il est certain que c'est seulement lorsque nous serons en possession de la formule perfectionnée du processus excitatoire local, que nous pourrons rechercher si et en quoi il diffère éventuellement des processus excitatoires naturels et aborder le problème de la nature physico-chimique de l'impulsion nerveuse ou de ce qu'Alessandro Volta appela « azione nervosa ».

Si un seul stimulus est trop faible et par conséquent incapable de provoquer la perturbation susceptible de se propager, plusieurs stimuli également inefficaces, mais pourvu qu'ils se succèdent à des intervalles pas trop grands, réussissent finalement à produire cette perturbation. On croit que cela depend de la propriété inhérente à la substance vivante de garder des traces même des stimuli inefficaces lesquels, en s'additionnant, atteignent la valeur du seuil et excitent le processus doué de la propriété de se propager le long des fibres nerveuses. Or comme il a été démontré que des processus excitatoires locaux inefficaces aucune trace, pas même la plus minime, ne se propage au-delà du point où ils ont été engendrés, il est permis de conclure que *processus excitatoire local et perturbation propagée ne sont pas la même chose* (K. Lucas).

Si, au contraire, le stimulus est suffisamment fort, un deuxième stimulus d'égale intensité se montre inefficace, pendant un certain temps, mesurable à partir du précédent, et pour provoquer une réaction il est alors nécessaire d'employer un stimulus beaucoup plus fort que le premier. Nous disons que le tissu excité passe par un *état réfractaire,* absolu d'abord, relatif ensuite et qui est, semble-t-il, la conséquence de la propagation de la perturbation nerveuse et l'expression d'un pro-

cessus de restauration de la substance vivante à la suite de quelque changement associé au phénomène de propagation. Quelle est exactement la nature de ce changement qui provoque dans le tissu le processus de restauration? C'est ce que nous ignorons, mais en mesurant la période réfractaire, on mesure probablement le temps dont la substance vivante du tissu a besoin pour revenir à la position d'équilibre troublé par le changement qui constitue la base de la propagation et qui doit être normalement réversible.

La période réfractaire est suivie d'une période d'excitabilité augmentée, dite *phase d'exaltation,* qui explique l'accroissement des effets au cours de stimulations rythmiques pas trop fortes ni fréquentes, c'est-à-dire le *phénomène de l'escalier.*

L'état réfractaire et la phase d'exaltation sont d'autant plus accusés que l'état d'excitation a été plus intense. La durée de la période réfractaire absolue détermine le *rythme excitatoire* extrême. Puisque cette période réfractaire ne dure que 2 millièmes de seconde environ pour les nerfs et 4 millièmes pour les muscles de la grenouille, pendant la saison estivale, le rythme excitatoire des nerfs et celui des muscles peuvent rester isochrones avec le rythme stimulatoire, tant que celui-ci ne dépasse pas 500 stimuli environ par seconde pour le premier et reste inférieur à 200 stimuli environ par seconde pour le dernier. Pendant la saison d'hiver, ces valeurs diminuent de moitié environ.

Pendant que la perturbation nerveuse se propage, il se manifeste un changement du potentiel électrique du nerf, que nous pouvons enregistrer et mesurer. Cette *réaction électrique* est concomitante de la perturbation qui se propage, l'accompagne normalement, sans qu'on puisse encore dire s'il existe entre l'une et l'autre un lien indissoluble; il est en tout cas certain que cette réaction électrique ne peut pas nous donner la mesure de la perturbation nerveuse, vu les conditions expérimentales dans lesquelles nous devons nous placer inévitablement pour la relever. Aussi ignorons-nous dans quelle relation elle se trouve avec le changement à la suite duquel s'effectue la propagation. En ce qui concerne la nature de ce changement, nous pouvons seulement dire, dans la mesure où il est permis de l'induire d'après le coefficient thermique de sa vitesse de propagation, qu'il consiste probablement en un processus chimique en partie anoxydatif (voir plus bas). Il paraît

toutefois qu'il existe une relation générale entre la durée de la période réfractaire et celle de la réaction électrique, les deux phénomènes se modifiant parallèlement d'un tissu à l'autre et avec la variation des conditions expérimentales; on a même avancé l'hypothèse d'après laquelle la période d'inexcitabilité totale correspondrait à la phase d'accroissement, et la période d'inexcitabilité relative à la phase de décroissance de la réponse électrique, qu'elle dépasse pourtant en durée.

J'ai dit que nous ignorions la nature de l'excitation locale et du changement qui constitue la base de la propagation. A ce propos, l'hypothèse la plus acceptable qui ait été formulée jusqu'à nos jours est que les phénomènes en question consistent en une série de réactions chimiques auto-catalytiques ayant pour effet la production de certaines substances dont quelques-unes semblent être de nature acide; cette première série serait suivie d'une autre, celle de réactions oxydatives, exigeant la présence de l'oxygène et l'intervention d'enzymes oxydants; celles-ci auraient pour effet, non seulement la destruction des produits de la première série de réactions, mais encore la restitution de la substance vivante dans la position d'équilibre primitive, de façon à la rendre prête à passer par un nouveau processus excitatoire et à propagar une nouvelle perturbation.

Mais il est facile de comprendre que la formation en excès de produits de la première série de réactions ou leur accumulation par suite du manque de réactions destinées à les détruire, peut avoir pour effet l'incapacité fonctionnelle de la substance vivante par inhibition ou cessation des réactions qui constituent l'excitation locale et la perturbation d'équilibre qui se propage: d'où les phénomènes d'inhibition, de fatigue, d'épuisement.

Les propriétés que nous avons examinées jusqu'ici ne peuvent être considérées comme étant exclusivement centrales. On peut constater seulement que la propagation des excitations s'effectue dans les centres avec une lenteur plus grande et laisse à sa suite une période réfractaire beaucoup plus longue; que dans les centres, en outre, sont plus accentués le phénomène de l'addition latente, le besoin d'oxygène, la production de substances acides, le déroulement des processus métaboliques en général, etc.

Mais on connaît d'autres propriétés qui, en tant que nous pouvons le juger actuellement, n'ont pas en réalité leur pen-

dant dans les nerfs ou ne s'y manifestent qu'à un degré moindre que dans les centres.

Une des propriétés centrales les plus obscures est l'*irréciprocité de la conduction.* Tandis que dans les nerfs la perturbation qui suit l'excitation locale se propage indifféremment dans les deux directions, la propagation entre la moelle épinière et les nerfs ne se fait que des racines postérieures aux centres et de ceux-ci aux racines antérieures.

Dans les nerfs, comme dans les muscles, il existe, entre certaines limites, une *proportionnalité entre l'intensité et la fréquence des stimulations et l'intensité et la fréquence des réactions;* et on doit aujourd'hui considérer comme certain que la *loi du « tout ou rien »,* déjà formulée pour le cœur, vaut également pour les fibres nerveuses (non fatiguées) et musculaires; ce qui signifie que ces structures vivantes, en réagissant aux stimulants conformément à leur nature, répondent par des réactions maximales, quelle que soit l'intensité des stimulants, dès l'instant où elle dépasse la valeur liminaire. Les centres nerveux, au contraire, font preuve d'une variabilité et d'une irrégularité plus grandes. Ils présentent de *grandes différences du seuil d'excitabilité,* indépendamment des états réfractaires; tantôt ils donnent des ripostes colossales à des stimulants faibles, tantôt des stimulants très forts restent sans effet; ils transforment à tel point le rythme des stimulants extérieurs qu'il est impossible d'assigner des limites constantes à la fréquence des impulsions qui naissent dans les centres nerveux; aux impulsions centripètes uniques ils ne ripostent pas ou réagissent par une riposte multiple, c'est-à-dire rythmique. Dans les nerfs, comme dans les muscles, la durée de la réaction présente, en règle générale, un certain rapport avec la durée du stimulant ou varie avec la variation des conditions de température, de la nature du nerf ou du muscle, etc. Les centres, au contraire, donnent généralement, même dans des conditions normales, des ripostes prolongées, ou *décharges posthumes,* ainsi que les a appelées Sherrington, pour montrer qu'il s'agit de ripostes qui dépassent la durée de l'action stimulante.

Mais ce n'est pas tout. Tandis qu'on considère les nerfs comme relativement, non absolument, infatigables, les centres nerveux se fatiguent et s'épuisent relativement vite. La fatigue nerveuse est principalement une *fatigue des centres,* non des nerfs; et le besoin de repos, de restauration est un phénomène principalement central.

A la naissance, les routes royales de l'activité nerveuse sont déjà tracées ; mais elles sont encore impraticables ou imparfaitement praticables. Le développement de l'activité nerveuse consiste, non seulement dans l'ouverture de voies secondaires et de sentiers qui s'en vont dans toutes les directions rejoindre les routes royales, mais encore et surtout dans le perfectionnement de la praticabilité des voies vieilles et neuves. Au début, les excitations rencontrent tant d'obstacles qu'elles restent bloquées; puis, peu à peu et avec l'usage, les aspérités s'émoussent, les obstacles diminuent et les impulsions nerveuses passent, d'abord incertaines et hésitantes, puis de plus en plus sûres et rapides. Songez aux mouvements incertains et incoordonnés de l'enfant qui essaie ses premiers pas et à la sûreté des mouvements que présentent les doigts d'un pianiste expert. Cela arrive, parce que le passage d'une première perturbation nerveuse aplanit la voie à la deuxième, celle-ci à la troisième et ainsi de suite. Or cette *action facilitante* de l'exercice fonctionnel est caractéristique des centres nerveux.

La complète praticabilité des chaînes neuroniques rendrait d'ailleurs difficile la coordination et la direction des impulsions nerveuses lesquelles glisseraient, pour ainsi dire, en désordre le long des voies nerveuses, si parallèlement ne se développait pas une autre propriété, celle de l'*inhibition,* grâce à laquelle les impulsions, déjà en voie de propagation, sont à temps ou bloquées dans une direction et envoyées dans une autre, bref disciplinées, ou bien empêchées de se former ou arrêtées dès leur naissance. A dire vrai, les phénomènes d'inhibition s'observent non seulement dans les centres, mais encore dans des organes tels que le cœur, le tube digestif, etc. Mais si les impulsions qui produisent le mouvement rythmique de ces organes naissent dans les ganglions nerveux périphériques, le processus des inhibitions périphériques ne peut être bien différent de celui des inhibitions centrales. L'importance psychologique et morale des phénomènes d'inhibition centrale est énorme, et j'ai à peine besoin de la rappeler. Le développement harmonieux de la praticabilité ou canalisation des chaînes neuroniques et du pouvoir d'inhiber les impulsions qui se propagent le long d'elles, constitue le fondement physiologique aussi bien de toute habileté et dextérité des mouvements du corps que de toute vertu civique et perfection morale. Les phénomènes d'*attention* et d'*abstraction,* comme

ceux du *sommeil physiologique* et de l'*hypnose,* seraient impossibles, si nous n'étions pas à même d'isoler, moyennant un effort inhibitoire ou en nous plaçant dans des conditions extérieures opportunes, tel ou tel des innombrables courants d'excitations que les stimulants externes tendent à éveiller en nous.

Verworn a émis récemment une idée sur laquelle je reviendrai plus tard, et d'après laquelle la propagation répétée de troubles nerveux le long des mêmes chaînes neuroniques, ne rendrait pas seulement celles-ci de plus en plus praticables, mais en déterminerait encore l'hypertrophie, en comparaison avec les chaînes voisines, ce qui aurait pour effet un développement de plus en plus grand de la *mémoire* et du *pouvoir d'abstraction.*

On attribue encore aux centres nerveux une *influence tonique* et *trophique* sur les organes périphériques, en supposant qu'elle s'exerce par des courants imperceptibles de faibles impulsions nerveuses réflexes, dont la nature n'est pas moins obscure que celle des impulsions pleinement efficaces. Et enfin la propriété de l'*automatisme,* en tant qu'on voudrait la considérer comme une faculté de faire naître des excitations *ex nihilo,* est carrément repoussée, tout le monde étant aujourd'hui persuadé que les actes même les plus spontanés en apparence sont, en dernière analyse, déterminés ou par des stimulants actuels non-perçus ou par des traces résiduelles d'excitations passées lesquelles, sous forme d'images mnémoniques ou représentations, agissent comme stimulants internes sur les chaînes neuroniques efférentes; tandis que, en ce qui concerne l'automatisme des mouvements rythmiques du cœur, de la respiration et des organes musculaires lisses, nous sommes presque sur le point d'avoir à leur sujet une théorie physico-chimique satisfaisante.

Je crois que personne ne pourra jamais donner une explication complète des propriétés centrales, s'il prétend les faire dériver seulement de celles des neurofibrilles et des réseaux que celles-ci forment dans les centres nerveux. Si le ralentissement que la propagation des impulsions nerveuses subit dans les centres peut être attribué à leur diffusion dans les réseaux neurofibrillaires, les autres propriétés restent tout à fait inexplicables. Il convient donc de penser aux masses neuroplasmiques nucléées qui, en très grand nombre, se trouvent intercalées dans les centres sur l'enchevêtrement des neuro-

fibrilles. La seule hypothèse que nous puissions formuler, en nous plaçant au point de vue de la continuité des éléments nerveux, pour expliquer les propriétés centrales, est celle qui consiste à admettre que des relations réciproques s'établissent entre les neurofibrilles et le neuroplasma cellulaire, en ce sens que les perturbations se propageant le long de celles-là provoquent des changements et laissent des traces dans le neuroplasma, lequel serait à son tour capable de réagir sur les neurofibrilles, soit en facilitant, soit en inhibant le passage des impulsions nerveuses le long de celles-ci et en exerçant également sur elles, par le jeu des facilitations et des inhibitions, une action de direction et, par conséquent, de coordination. L'hypothèse ne me semble pas absurde; ce qui serait absurde, ce serait d'admettre une indépendance fonctionnelle absolue entre neurofibrilles et neuroplasma, tandis que leurs rapports morphologiques et génétiques sont si intimes. Et s'il en est ainsi, l'hypothèse mérite d'être développée et précisée dans ses détails, alors même que, nous plaçant au point de vue de la discontinuité des éléments nerveux, nous voudrions expliquer les propriétés centrales comme étant dues, en partie, aux jonctions interneuroniques (voir plus loin).

D'aucuns croient que la continuité, grâce à laquelle s'établit un système fixe de voies tracées, représente à la fois et un perfectionnement, puisqu'elle s'exprimerait peut-être dans la constance et la perfection des actions instinctives des animaux inférieurs, et une imperfection, puisque la fixité du système empêcherait cette formation de nouvelles constellations et associations nerveuses qui constitue précisément le privilège du système nerveux des animaux supérieurs, en ce qu'elle rend possible l'accumulation de nouvelles expériences et nous fournit un fil conducteur pour l'explication de la faculté d'apprendre et de s'adapter à de nouvelles conditions du milieu. Il se peut que chez les animaux supérieurs et chez l'homme l'une et l'autre de ces dispositions soient représentées en même temps: celle de la continuité des neurones, dans le domaine où se déroulent les fonctions portant l'empreinte de la fixité des réactions réflexes organisées; celle de la contiguïté, dans le domaine des variabilités associatives, des adaptations, des actions libres.

Or en admettant que les propriétés des centres dérivent en partie des masses nucléées du protoplasma, en partie des

jonctions interneuroniques, le problème, difficile s'il en fut, qui se dresse devant nous, est celui qui consiste à expliquer complètement, c'est-à-dire sans lacunes, comment la présence de ces masses de neuroplasma et de ces jonctions peut rendre compte de chacune des propriétés centrales.

Et, ici, il faudrait peut-être bien que je m'arrête, car, si je voulais aller plus loin, je ne pourrais faire autrement que d'essayer de formuler quelque hypothèse de travail, à substituer à celles qui jusqu'à présent se sont montrées peu satisfaisantes. A vrai dire, les hypothèses sont le « sel » de la science. Les observations et les mesures sont choses excellentes; mais si elles donnent à la science des assises fermes, elles sont impuissantes, à elles seules, à la faire progresser.

Je ne m'attarderai pas à l'énumération de toutes les hypothèses qui ont été formulées pour expliquer l'activité nerveuse. Mais il en est une que je ne puis passer sous silence. Et j'en parlerai, après avoir jeté un coup d'œil autour de moi, afin de voir si on rencontre, dans d'autres branches de la physiologie, des dispositions homologues et des phénomènes analogues à ce que nous avons signalé comme étant les propriétés des centres nerveux.

Et bien, une étude systématique de préparations neuromusculaires, empruntées surtout à des animaux à sang chaud, par exemple de ma préparation phrénico-diaphragmatique, revèle l'existence de propriétés qui se rapprochent de quelques-unes de celles que nous avons reconnues aux centres nerveux.

On n'a pas encore démontré la réciprocité de conduction des excitations entre le nerf et le muscle d'une préparation neuro-musculaire. Il est vrai qu'il est excessivement difficile d'obtenir une pareille démonstration, à cause de l'existence d'organes récepteurs dans les muscles et de fibres afférentes dans les nerfs moteurs.

En se transmettant du nerf au muscle, l'impulsion nerveuse subit un ralentissement, comme dans les centres; souvent, une stimulation unique, appliquée au nerf, provoque une contraction prolongée ou multiple, c'est-à-dire rythmique, dans le genre de celle que nous voyons habituellement dans les réactions réflexes; et il n'existe pas toujours une proportionnalité entre l'intensité de la stimulation et celle de la contraction. On sait très bien, en outre, que la fatigue musculaire n'est principalement ni celle des nerfs ni celle des fibres

musculaires, mais celle des jonctions neuro-musculaires. Ces dernières présentent, comme les jonctions interneuroniques, une très grande labilité et, dans certaines limites, elles ne deviennent pas seulement plus perméables avec l'usage et facilement imperméables sous l'influence de causes diverses, parmi lesquelles il faut citer en premier lieu le manque d'oxygène, mais ressentent encore d'une façon élective, tout comme les centres et les ganglions nerveux, l'action de certains venins (curarine, nicotine, vératrine, etc.). Il est douteux, et certains auteurs contestent tout à fait, que les jonctions neuro-musculaires possèdent une période réfractaire propre et par conséquent un rythme excitatoire différent de celui des fibres nerveuses et musculaires; mais pour le moment il est impossible d'exclure cette possibilité d'une façon absolue. Et K. Lucás a démontré que le phénomène de Wedenski et celui du tétanos initial de Hoffmann dépendent d'une résistance que les perturbations nerveuses propagées rencontrent, sous certaines conditions, dans les jonctions neuro-musculaires.

Il a été prouvé récemment (K. Lucás, Langley) que les régions neurales des muscles, où se trouvent assemblées les jonctions neuro-musculaires, sont douées d'une réceptivité pour les stimulations électriques et pour l'action de certains venins et hormones, différente et supérieure à celle des régions non-neurales et des nerfs; elles correspondent, pour ainsi dire, en partie à la substance grise du système nerveux central, aux ganglions du système autonome.

Le muscle de la préparation phrénico-diaphragmatique fait souvent des contractions rythmiques automatiques et entre dans un état de raccourcissement tonique, en l'absence de toute action stimulante extérieure; et un stimulant électrique intercurrent, appliqué au nerf, peut inhiber ce raccourcissement tonique. Finalement les contractions automatiques, la multiplicité des ripostes à des stimulants uniques, etc. disparaissent dès que cesse la conductivité neuro-musculaire, ce qui fait supposer que les phénomènes en question, de même que les phénomènes analogues observés pendant la dégénérescence des voies nerveuses efférentes ou à la suite de l'action de certaines substances chimiques, sont liés à l'intégrité, voire à un état d'hyperexcitabilité des jonctions neuro-musculaires.

Si donc nous réussissons à reconnaître, dans les préparations neuro-musculaires complètement séparées du corps de

l'animal, des propriétés se rapprochant de celles que nous attribuons habituellement aux centres nerveux, nous serons autorisés à conclure qu'elles dépendent des organes jonctionnels.

Et voici un domaine de recherche physiologique, encore nouveau en grande partie: l'exploration des propriétés de ces organes ou appareils que sont les jonctions interneuroniques (synapses), neuro-musculaires, neuro-glandulaires et senso-neurales.

Quelle est donc l'hypothèse qui paraît la plus apte, provisoirement du moins, à rendre compte des phénomènes que nous avons décrits plus haut?

En premier lieu, et revenant encore pour un moment sur la question des rapports existant entre les neurones, je dois ajouter que, lorsqu'on parle de contiguïté, on doit entendre par ce mot l'exclusion de la continuité neurofibrillaire et neuroplasmique de neurone à neurone, c'est-à-dire de la fusion de ceux-ci, et non la possibilité pour les éléments en contact de se séparer, de se détacher les uns des autres dans certaines conditions, c'est-à-dire d'établir entre eux des lacunes. De même que personne ne suppose que les terminaisons nerveuses motrices puissent se détacher, se séparer de la substance de la plaque motrice, de même on doit exclure la possibilité d'un détachement de ce genre dans le cas des synapses. Et c'est ainsi que l'hypothèse de Lépine et de Duval, remise récemment en honneur par Sidis, et destinée à expliquer le sommeil, les états hypnotiques, etc., perd toute sa valeur.

Nous pouvons considérer les différentes propriétés physiologiques du système nerveux, énumérées plus haut: 1. comme des *augmentations* (prolongation de la décharge au-delà du moment de la stimulation, tonus, addition latente des excitations nerveuses, phénomènes de facilitation, phénomène de l'escalier, augmentation de la fréquence du rythme ou de l'intensité des réactions, etc.); ou 2. comme des *diminutions* (ralentissement de la propagation, période réfractaire, inhibition, fatigue, épuisement, diminution de la fréquence du rythme et de l'intensité des réactions, phénomènes de bloquage etc.) de l'activité nerveuse; ou enfin 3. comme un effet de la distribution particulière des excitations nerveuses et de leur canalisation dans un système de voies et centres nerveux plutôt que dans un autre, c'est-à-dire de la limitation spatiale de l'activité nerveuse.

Pendant qu'il se déroule, c'est-à-dire pendant qu'il se répète

dans le temps en passant par la même voie nerveuse, chaque phénomène nerveux présente d'abord une augmentation, ensuite une diminution: la conductivité s'exalte d'abord, apparaît ensuite déprimée, jusqu'au moment où se manifeste le bloquage; l'intensité des réactions augmente d'abord, diminue ensuite, et il se manifeste de la fatigue; l'exercice exalte d'abord l'activité nerveuse et la déprime ensuite; le temps de latence diminue d'abord et augmente ensuite; les phénomènes toniques, les réactions prolongées et rythmiques cessent, après avoir, pendant un certain temps, subi une intensification; la mémoire se développe avec l'exercice, mais s'affaiblit plus tard; pendant la première phase du réveil, après le sommeil, les sensations deviennent peu à peu plus fortes et plus claires, mais si la veille et le travail cérébral se prolongent outre mesure, elles finissent par s'affaiblir et s'obnubiler, au point qu'il n'est plus d'effort d'attention qui soit capable de leur rendre leur intensité et netteté primitives.

Or, se demande Brailsford Robertson, quelle est cette réaction chimique qui s'effectue d'abord d'autant plus rapidement, à la suite de son déroulement antérieur, mais qui, à une période ultérieure, se trouve inhibée, du fait même de ses progrès? Et il répond: ce ne peut être que la *réaction auto-catalytique,* c'est-à-dire celle qui est accélérée par un de ses propres produits; aucune autre espèce de réactions chimiques ne présente d'accélération positive pendant la période de son développement. Telle doit donc être la nature des réactions qui sont à la base de l'activité nerveuse.

Que le processus fondamental, dont les phénomènes nerveux sont une manifestation extérieure, soit une réaction ou un ensemble de réactions chimiques, c'est ce qui est démontré par le fait que le coefficient thermique des phénomènes examinés (mouvements respiratoires de la grenouille, Brailsford Robertson; vitesse de propagation de l'impulsion nerveuse, Maxwell; fréquence des pulsations du coeur de *Limulus* par exposition du ganglion respectif à différentes températures, Carlson), atteint presque la valeur de 2 (1,8 dans les expériences de Maxwell) ou la dépasse, de peu (2,2-2,4 dans les expériences de Brailsford Robertson) ou de beaucoup (6,0 dans les expériences de Carlson).

Que le catalyseur, produit par la réaction, soit un acide, cela est démontré par le fait que la substance nerveuse, et

plus spécialement la substance grise, s'acidifie en fonctionnant, comme la substance musculaire, dont on sait avec certitude qu'elle forme un acide, qui est l'acide lactique.

On possède, en outre, la preuve expérimentale que les acides (et d'autres substances, de nature diverse, qui agissent probablement dans le même sens, en provoquant la formation d'acides) accélèrent (on ne sait pas bien si c'est directement ou indirectement, c'est-à-dire en libérant des substances actives) certains processus qui s'accomplissent dans le système nerveux central, ainsi que cela résulte des recherches expérimentales de Brailsford Robertson sur le système respiratoire et de celles de Winterstein et de Laqueur et Verzàr, et accélèrent ou intensifient le processus de la contraction musculaire, sans parler des contractures et des secousses rapides et rythmiques qu'ils provoquent dans les préparations neuro-musculaires, ainsi que cela résulte de nos propres recherches et de celles d'autres auteurs.

Dans les centres nerveux, comme dans les muscles (et probablement aussi dans les glandes), lorsqu'une perturbation nerveuse atteint, en se propageant, le niveau des appareils jonctionnels, il s'y produit un processus excitatoire local qui provoque à son tour la formation d'un acide (ou d'acides) dans le protoplasma récepteur des jonctions et dans les structures excitées; cet acide, remplissant l'office de catalyseur, accélère de prime abord la réaction dont il est le produit: à cette accélération correspond l'augmentation des phénomènes indiqués plus haut.

Mais le moment vient ensuite où, la formation de l'acide augmentant et la masse active de la substance qui réagit diminuant, l'acide, c'est-a-dire le catalyseur, contre-balance la masse active, et la vitesse de la réaction diminue progressivement: on a alors des phénomènes de diminution.

Si, dans l'intervalle de repos entre les états successifs d'augmentation, les produits de la réaction disparaissent de la sphère de celle-ci et la masse active de la substance réagissante est régénérée, on constate la restauration du tissu et son retour à sa capacité fonctionnelle primitive; dans le cas contraire, le tissu s'achemine vers l'état de fatigue d'abord, vers celui d'épuisement ensuite.

D'après Brailsford Robertson, les rapports temporels, qui peuvent être constatés entre les phénomènes d'augmentation

et de diminution des différentes fonctions examinées, correspondent précisément à ceux qui s'observent dans les réactions chimiques auto-catalytiques; ce qui corrobore l'hypothèse d'après laquelle les processus de l'activité nerveuse, et probablement aussi ceux de l'activité musculaire, seraient basés sur des réactions de ce genre.

Pour ce qui concerne, ensuite, la canalisation et la circonscription spatiale des impulsions nerveuses, Brailsford Robertson croit que ces phénomènes dépendent de ce que le catalyseur se forme le long de certaines voies nerveuses en plus grande quantité que le long de certaines autres. Or, les excitations se propagent plus facilement à travers les chaînes neuroniques dans lesquelles s'est formée une plus grande quantité de catalyseur et dans lesquelles, par conséquent, la réaction s'accélère de plus en plus. C'est là que résiderait le secret de l'influence facilitante de l'exercice fonctionnel, qui explique la mémoire, et de l'isolement de l'activité de certaines parties du cerveau, isolement sur lequel sont fondés l'attention et les états hypnotiques, qui dérivent de la concentration de l'activité nerveuse dans des groupes limités de centres corticaux, sans parler des phénomènes de double et multiple personnalité et autres analogues. Le sommeil physiologique se trouve, lui aussi, en rapport avec une limitation du champ de la conscience qui produit la monotonie des sensations résiduelles.

L'hypertrophie des neurones les plus exercés, admise par Verworn pour l'explication des phénomènes d'abstraction et autres analogues, peut également se vérifier, mais n'explique pas, à elle seule, ces phénomènes.

Seule l'irréciprocité de la conduction pour les centres nerveux, et probablement aussi pour les jonctions neuro-musculaires, ne peut être expliquée par l'hypothèse que nous venons d'exposer. Elle est probablement un effet de l'adaptation fonctionnelle aux directions normales selon lesquelles se propagent les impulsions nerveuses, mais n'en reste pas moins obscure dans sa détermination physico-chimique.

Je ne crois pas qu'on puisse se heurter à des difficultés en admettant que les réactions auto-catalytiques s'accomplissent principalement là où la substance réagissante se trouve accumulée en plus grande partie, c'est-à-dire dans le protoplasma des dendrites et du péricarion, dans le protoplasma des plaques motrices, etc., plutôt que dans les neuro-fibrilles.

C'est ce qui explique pourquoi les phénomènes d'augmentation ou accélération et de diminution ou inhibition s'observent principalement au niveau des jonctions interneuroniques et neuromusculaires. C'est ce qui explique aussi pourquoi celles-ci sont les portions les plus labiles des voies nerveuses et des préparations neuro-musculaires, celles qui ont le plus besoin d'oxygène et souffrent le plus du manque de ce gaz. C'est ce qui explique enfin pourquoi les centres nerveux (ainsi que les muscles et les glandes) sont le siège d'un métabolisme plus intense que les nerfs et d'une formation de substances acides en quantité plus grande, et pourquoi ils se fatiguent plus que les nerfs.

L'hypothèse de Brailsford Robertson, que j'ai cherché à appliquer, pour mettre plus particulièrement en lumière les propriétés des appareils jonctionnels, doit en outre être complétée en ce sens, qu'il est impossible d'admettre que les traces laissées par les excitations passées soient représentées uniquement, ainsi qu'il le prétend, par l'acide naissant des réactions auto-catalytiques. Et, de fait, l'acide qui s'est formé doit ensuite disparaître, sans quoi la prétendue restauration fonctionnelle ne pourrait avoir lieu. C'est pourquoi, si on veut expliquer les traces indélébiles à l'aide desquelles on voudrait rendre compte du phénomène de la mémoire individuelle et de celle de l'espèce, c'est-à-dire de la mémoire héréditaire, il est nécessaire d'admettre une modification permanente du protoplasma qui n'exclut toutefois pas la possibilité de son adaptation ultérieure à des conditions nouvelles. En d'autres termes, on doit admettre que les excitations façonnent spécifiquement les structures à travers lesquelles elles se propagent, en les rendant de plus en plus adaptées aux activités qui s'y accomplissent d'ordinaire.

Or, si l'on pense à la constitution colloïdale du protoplasma, on n'éprouve aucune difficulté à admettre qu'il possède la faculté de se différencier spécifiquement, en harmonie avec les fonctions dont il est le siège. Les traces permanentes seraient réprésentées précisément, à mon avis, par ces différenciations chimiques et physico-chimiques du protoplasma qui se manifestent à nous, dans leur expression la plus haute, sous l'aspect de différenciations cytologiques, histologiques, organiques, c'est-à-dire de différenciations morphologiques. Le catalyseur qui se forme pendant le déroulement de la réaction

auto-catalytique favorise la fonction spécifique pendant qu'elle s'accomplit, mais la réaction elle-même trouve déjà dans le protoplasma différencié à la suite de l'exercice précédent un terrain propice, c'est-à-dire les traces dont nous avons parlé plus haut.

Il reste enfin un point auquel je n'ai pas encore touché, et c'est celui qui se rapporte à la question de la *spécificité ou indifférence fonctionnelle des fibres nerveuses dans la conduction des excitations.* Personne ne peut nier la spécificité fonctionnelle des structures réceptrices sensorielles et des centres corticaux, mais nombreux sont ceux qui mettent en doute la spécificité fonctionnelle des éléments conducteurs, admise par Hering. Or, il est démontré que les nerfs peuvent conduire des excitations dont le rhythme présente les fréquences les plus diverses, et aussi d'intensité variable. Il se peut donc que, en ce qui concerne les conducteurs physiologiques, les différences spécifiques ou qualitatives des excitations, ne soient essentiellement que des différences du rhythme excitatoire, ce qui permettrait d'opérer une conciliation entre les vues opposées de ceux qui soutiennent la spécificité et de ceux qui admettent l'indifférence fonctionnelle des fibres nerveuses.

Mais de tout ce travail intime et profond qui s'accomplit sans cesse dans les fines structures nerveuses, rien n'apparaît à nos regards. De ce grand artisan qu'est le système nerveux, on peut dire ce que le poète a dit de l'art en général:

« L'arte che tutto fa, nulla si scopre ».

Les muscles déplacent des masses, les glandes émettent des liquides de sécrétion: le système nerveux opère en silence, et son activité se manifeste à notre introspection comme sensation, représentation, conscience, et à l'extérieur au moyen des multiples fonctions organiques.

Or, dans les deux ordres de ses manifestations, cette activité, considérée dans son ensemble et dans ses relations, d'un côté avec l'activité des organes récepteurs, sentinelles avancées au seuil du monde extérieur, et d'un autre côté avec celle des organes effecteurs, admirables instruments spécifiquement différenciés, cette activité, disons-nous, est de nature essentiellement associative, coordinatrice, intégrative.

Dans le système nerveux des animaux supérieurs, les différentes voies afférentes qui aboutissent aux centres s'y trou-

vent mises en connexion entre elles et avec les voies efférentes qui aboutissent aux organes périphériques, à l'aide d'innombrables fibres inter-centrales. L'axe cérébro-spinal est le lieu des multiples liaisons et des échanges, grâce auxquels les courants d'impulsions nerveuses centripètes peuvent se propager dans toutes les directions à travers les masses grises centrales, y rester ou faire irruption dans les *voies communes finales* de Sherrington, en y convergeant à partir des points d'origine les plus divers et les plus éloignés. Multiplicité, c'est-à-dire développement des voies brèves internonciales, d'un côté, et centralisation des jonctions interneuroniques, c'est-à-dire des échanges, d'un autre côté, — tels sont les facteurs morphologiques essentiels de la fonction de coordination et d'intégration du système nerveux, fonction d'où naît l'unité physiologique de l'individu.

Il est vrai que cette activité intégrative se fonde aussi sur les propriétés physiologiques générales des éléments nerveux, mais cela seulement en dernière instance; en réalité, elle est la conséquence actuelle et directe des relations spatiales qui se sont établies entre ces éléments, c'est-à-dire de l'admirable organisation morphologique du système qui est, à son tour, l'œuvre ciselée par des générations infinies qui se sont succédées sur la Terre; on peut donc dire qu'elle représente une activité millénaire, organisée en formes plastiques et susceptibles par conséquent d'un perfectionnement ultérieur.

Sur ce terrain, l'observation morphologique et la recherche expérimentale peuvent marcher de pair vers le but qui consiste à tracer, pour chaque phénomène nerveux simple ou complexe, la constellation correspondante de centres que parcourent, telles des étincelles serpentant entre des amas de nuages, les impulsions nerveuses provoquées par un stimulant extérieur ou par une idée.

C'est grâce à cette activité intégrative et associatrice que le système nerveux possède une dignité physiologique supérieure à celle de tous les autres systèmes organiques, de même que dans la société humaine les génies organisateurs dominent tout le reste de l'humanité.

Napoli, Università.

FILIPPO BOTTAZZI

(Traduit par M. le Dr. S. Jankelevitch - Paris).

LES CARACTÈRES SEXUELS

Depuis le commencement du siècle, le problème ardu de l'origine, de l'évolution et du développement des caractères sexuels, a été mis en évidence par une série de brillantes recherches expérimentales, qui rendent nécessaire un nouvel examen. Kammerer nous l'a facilité avec son magistral ouvrage (*Ursprung der Geschlechtsunterschiede,* 1912) en réunissant les faits et en les soumettant aussi à une analyse critique impartiale.

En indiquant ses conclusions, nous marquerons les points sur lesquels nous ne sommes point d'accord avec l'auteur.

1. On classe d'ordinaire les différences entre les sexes en « primaires » et « secondaires ». Les différences « primaires » ont trait aux organes reproducteurs, les « secondaires » sont celles qui peuvent se produire dans d'autres parties du corps, comme le larynx ou les poils. Il est plus simple de reconnaître avec Poll, Kammerer et d'autres *a*) les différences essentielles ou gonadiales qui doivent être présentes, si les sexes existent — les différences entre les organes producteurs d'œufs et les organes producteurs de spermatozoïdes — et, *b*) les différences accessoires qui peuvent être présentes ou manquer, quelques-unes d'entre elles étant subsidiaires aux organes reproducteurs, intérieurement ou extérieurement, et d'autres affectant les parties extra-génitales du corps. Nous pourrions, en modifiant un peu le plan de Poll et de Kammerer, établir la division de la façon que voici:

Différences sexuelles.

I. Essentielles ou gonadiales...... Dans les organes reproducteurs proprement dits.

II. Accessoires ou incidentes:

a) subsidiaires aux gonades, soit intérieurement, comme dans les glandes accessoires, soit extérieurement, comme dans les organes de copulation ou d'oviposition;

b) somatiques ou extra-génitales — intérieurement, comme dans les organes vocaux, ou extérieurement, comme dans la couleur, le poil, les plumes, etc.

2. Les différences sexuelles ont deux côtés, structural et fonctionnel, ou bien morphologique et physiologique, mais on peut, en pratique, négliger parfois l'un de ces côtés. Ainsi, une décoration chitineuse sur le dos d'un scarabée n'a aucune activité vitale après avoir été formée; c'est le côté structural qui est donc important. D'autre part, les différences entre le sang du mâle et celui de la femelle qui sont d'une extrême importance, peuvent ne pas être exprimées, au point de vue structural, d'une manière appréciable. De même, il y a mille subtiles différences dans les instincts et les impulsions, l'habitude physiologique et la durée de la vie, qui sont très réelles quoique nous ne puissions pas dire grand chose de leur expression structurale.

3. Dans la classification des différences sexuelles, il faut bien tenir présent à l'esprit le degré de permanence dans l'expression de celles-ci. On ne confondra jamais un paon adulte avec une paonne, mais il y a beaucoup d'oiseaux, entre autres certains canards, chez lesquels les individus des deux sexes sont très dissemblables pendant la période de reproduction et se ressemblent beaucoup pendant le reste du temps. Chez beaucoup de poissons, comme les épinoches, il y a dissemblance évidente entre mâles et femelles pendant l'époque reproductrice, mais ressemblance presque absolue aux autres époques. Bref, il y a de nombreux caractères nuptiaux qui apparaissent et disparaissent selon l'état sexuel de l'organisme.

Exemples de caractères sexuels.

4. On trouve dans la *Descendance de l'homme* de Darwin et dans le *Sexual Dimorphism* de Cunningham, des résumés commodes de différences sexuelles. Rappelons, parmi les mammifères, la crête sagittale du gorille, les énormes canines du

mandrill, la trompe nasale du macrorhine, la crinière du lion, la défense du narval, les andouillers du cerf, l'éperon de l'ornithorynque. Parmi les oiseaux, rappelons la queue du paon, le plumage des ailes du faisan Argus, la décoration des oiseaux de Paradis et des oiseaux-mouche, la queue de l'oiseau-lyre, les plumes du cou du *Pavoncella pugnax,* l'éperon du coq, la poche du cou de l'outarde. On rencontre quelques exemples parmi les reptiles, comme la crête dorsale érectile de l'*Anolis cristatus,* et les cornes osseuses de certains caméléons. Parmi les amphibiens citons les crêtes dorsales de certains tritons, les pouces renflés des grenouilles et crapauds, les sacs à résonance de quelques grenouilles. Parmi les poissons, rappelons la machoire inférieure en crochet du saumon, la brillante coloration du Callionyme lyre mâle, les organes copulateurs des Sélaciens. Chez les Invertébrés, il y a des contrastes bien connus entre les sexes chez les Argonautes, chez le Crabe japonais géant, chez beaucoup d'araignées, chez les Dynastes et les Lucanes et bon nombre de papillons. Cunningham fait remarquer le dimorphisme existant chez la Néréis, et le cas de la Bonellie femelle avec son mâle nain est bien connu.

5. Dans la plupart des cas, c'est chez le mâle qu'on trouve le caractère positif. Il a un quelque chose en plus, que la femelle ne possède pas ou presque pas. Il importe de rappeler quelques exemples du cas inverse. Les femelles des grenouilles du genre *Nototrema* ont sur le dos une poche dans laquelle le mâle pousse les œufs. Autant que nous pouvons en juger le marsupium des Marsupiaux n'existe jamais qu'à l'état rudimentaire chez les mâles. Chez le Phalarope au cou rouge, c'est la femelle qui l'emporte au point de vue décoratif.

6. Après cet examen des caractères sexuels, il faut nous rappeler qu'entre les sexes une différence sensible constitue l'exception, et que la règle, c'est la ressemblance générale. Chez beaucoup des animaux les plus élevés, le mâle et la femelle se ressemblent beaucoup, quant à l'apparence extérieure. Citons parmi les mammifères, le chat, la souris, le lapin, le lièvre, et parmi les oiseaux, les corneilles, les martins-pêcheurs, et beaucoup de perroquets. Au-dessous des crustacés, chez des animaux tels que les étoiles de mer, les oursins, les vers de mer, les Nématodes, les méduses et les coraux, il est rare de rencontrer autre chose qu'un dimorphisme sexuel extrêmement réduit.

7. Par contre, quoiqu'il puisse n'y avoir aucun dimor-

phisme très marqué, il peut exister de profondes différences fonctionnelles. De nombreux faits rappelés il y a longtemps, dans *L'évolution du sexe* (1889), prouvent que le métabolisme du mâle et celui de la femelle sont très différents. Leur taux physiologique n'est pas le même; le métabolisme du mâle est relativement plus intense. Le rapport du catabolisme à l'anabolisme est plus grand chez le mâle que chez la femelle. Nous pouvons citer ici un passage d'un biologiste qui semble partager cette opinion. Dans son *Sex Antagonism* (1913) M. Walter Heape écrit: « Les individus mâle et femelle peuvent, à divers points de vue, être comparés au spermatozoïde et à l'œuf. Le mâle est actif et remuant, il va à la recherche de l'œuf, et est un dissipateur d'énergie; la femelle est passive, sédentaire; elle attend le spermatozoïde et est conservatrice d'énergie ».

Essayons de résumer en un tableau comparatif les différences des sexes.

MÂLE.	FEMELLE.
Producteur de spermatozoïdes	Productrice d'œufs
Reproduction peu dispendieuse	Reproduction beaucoup plus dispendieuse
Métabolisme plus intense	Métabolisme moins intense
Catabolisme prépondérant	Anabolisme prépondérant
Vie souvent plus courte	Vie souvent plus longue
Souvent de dimensions moindres	Souvent de dimensions plus grandes
Souvent de couleurs plus vives et plus décoratif	Souvent de couleurs plus sobres et de décoration plus simple
Plus enclin à des explosions intenses d'énergie	Capable de plus d'endurance patiente
Plus impétueux et plus expérimental	Plus tenace et plus conservative
S'éloignant plus du type du jeune	Plus proche du type du jeune
Souvent plus variable	Souvent moins variable
Prisant davantage le plaisir sexuel.	Prisant davantage la famille.

Théories du dimorphisme sexuel.

8. *La théorie de Darwin.* Darwin considéra, chacun le sait, l'évolution des caractères sexuels dimorphiques, comme s'expliquant en termes de sélection, surtout de sélection sexuelle. Celle-ci se manifeste par les combats entre rivaux mâles et par l'accouplement de choix, où la femelle choisit ou semble choisir un mâle de préférence à d'autres. Nous proposant de revenir sur cette théorie dans un prochain article, nous nous contenterons de dire ici qu'il y a quelques difficultés à

l'accepter. *a*) Ce qu'on sait expérimentalement de la sélection — les conclusions de Johannsen, par exemple — ne vient pas à l'appui de l'idée que le degré de différenciation des andouillers du cerf ou des décorations de l'oiseau de paradis, pourrait être graduellement accru, de génération en génération, par la sélection sexuelle, les combats ou l'accouplement de choix. *b*) Dans certains cas de dimorphisme sexuel prononcé, il n'y a aucune preuve de l'accouplement de choix ou de combats, et il faut invoquer d'autres hypothèses; par exemple, l'idée de Günther que les caractères masculins constituent un moyen d'en imposer aux ennemis. *c*) Il faut examiner de très près les assertions relatives à la disproportion considérable entre les sexes au point de vue numérique; en divers cas, elles se sont montrées erronées. Il est clair encore que pour établir la valeur de l'interprétation sélectioniste, il faut pouvoir établir largement que les mâles, moins attrayants ou moins bien équipés, ou bien ne réussissent pas à s'accoupler, ou bien ont des familles moins nombreuses et moins réussies. *d*) Ainsi que Darwin l'a fait lui-même remarquer, il est probable que la femelle se rend, non au mâle qui excelle par un caractère particulier, mais plutôt à celui dont le *tout ensemble* a le plus excité son intérêt sexuel.

9. *Théorie de Cunningham.* Dans son intéressant *Sexual Dimorphism,* M. J. T. Cunningham plaide en faveur d'une interprétation Lamarckienne. « Dans l'un ou l'autre sexe, dit-il, les caractères unisexuels, ont, en règle générale, une fonction ou une importance dans l'habitus ou dans les conditions où vit le sexe chez lequel ils apparaissent ». « Mais la vérité importante et qui a été généralement négligée, est que dans le cas de chaque organe spécial, son emploi spécial le soumet à une irritation ou à une stimulation spéciale, généralement mécanique, à laquelle les autres organes du corps ne sont pas exposés. Tout naturaliste ou physiologiste admet que chez l'individu toute irritation ou stimulation régulièrement répétée produit un effet physiologique défini, un changement local et spécial du tissu; croissance ou absorption, augmentation ou amoindrissement, ou changement de forme. Ainsi, non seulement dans les temps passés et de manière hypothétique, mais maintenant, chez chaque individu, les organes ou appendices unisexuels, sont soumis dans leur activité fonctionnelle à des tensions spéciales, à des efforts, à des pressions,

c'est-à-dire à une stimulation qui doit avoir et à un effet physiologique sur leur développement et leur mode de croissance ». Pour expliquer la restriction des caractères sexuels à un seul sexe, à la période de maturité, et souvent à un certain moment de l'année, Cunningham suppose que « l'hérédité détermine le développement de caractères acquis pour la plus grande part seulement dans cette période de la vie et dans la classe d'individus chez laquelle ils ont été originellement acquis ». Les caractères unisexuels sont pour la plupart constitués par des excroissances qui ont pour origine une irritation mécanique ou autre produite chez le mâle ou la femelle à un moment particulier et dans un état particulier du corps. Ils font maintenant partie intégrante de l'hérédité, mais ils n'apparaissent dans le corps que lors des conditions physiologiques identiques à celles qui leur ont donné naissance.

Cunningham cherche à démontrer qu'on peut interpréter les caractères sexuels comme le produit héréditaire d'une irritation spéciale. La légitimité de cette interprétation dépend: 1) des preuves expérimentales qu'on peut fournir pour démontrer que l'origine des callosités, excroissances et proliférations, est un résultat direct de la stimulation, et 2), des raisons que l'on peut trouver de croire, expérimentalement ou logiquement, que les modifications somatiques peuvent être transmises directement au moins dans une certaine mesure. Ceci soulève toute la question de la transmission des modifications somatiques que nous écartons. Nous résumons simplement notre opinion, qui a été justifiée ailleurs, qu'il n'y aucune preuve réelle de l'exactitude de la théorie de Cunningham.

10. *La théorie du surplus.* Hesse et Doflein ont émis une idée intéressante, en faisant observer que la reproduction exigeant chez les mâles une dépense moindre, ceux-ci ont à leur disposition un surplus de matière qui pourrait expliquer leur variabilité d'ordinaire plus grande, certaines caractéristiques d'habitus et de tempérament, et leurs appendices exubérants de diverses sortes.

A l'objection que le mâle est souvent plus petit que la femelle, et que son revenu au point de vue nutritif doit être proportionnellement moindre, on peut répondre que ce qui importe est un fait de proportion: par exemple, entre la quantité de matériaux dépensés pour la reproduction et le poids du corps dans les deux sexes, ou entre les dimensions des organes reproducteurs et les dimensions du corps, chez les deux sexes.

Dans les cas où pour la reproduction il y a dépense égale chez les deux sexes, il ne se produit pour ainsi dire pas de différences sexuelles. Chez beaucoup de poissons, comme le hareng, les ovaires et les testicules ont à peu près le même volume, et les mâles abandonnent dans l'eau d'énormes quantités de laitance. D'autre part, chez les Cyprinodontes vivipares où il y a fécondation interne et économie de sperme, le mâle présente des caractères distinctifs à la fois permanents et périodiques.

Dans sa critique de la théorie du surplus, Kammerer indique des objections très sérieuses, sinon définitives. *a*) Elle explique pourquoi le mâle peut avoir beaucoup à dépenser pour son ornementation, mais elle ne jette aucune lumière sur la direction spécifique que prend sa dépense: elle n'explique pas pourquoi le lion dépense en crinière et le cerf en andouillers. *b*) Il est facile de trouver des faits s'accordant avec la théorie, mais qu'en reste-t-il devant ce fait général que dans des centaines de cas, chez les oiseaux et les mammifères, les reptiles et les insectes, les deux sexes sont égaux en taille et en nombre, et d'apparence uniforme, quoique du côté du mâle la dépense soit très inférieure à ce qu'elle est chez la femelle. *c*) La reproduction chez la femelle est plus couteuse, et pourtant c'est la femelle qui a tendance à faire des réserves de graisse. Et comment se fait-il que lorsque sa dépense reproductrice est terminée, ses caractères sexuels secondaires ne s'affirment pas davantage (excepté dans des cas rares), mais deviennent de moins en moins marqués? *d*) Il y a beaucoup de cas dans lesquels un mâle doit féconder les œufs de nombreuses femelles et où il ne présente aucune particularité masculine, ce qui devrait pourtant être, selon la théorie. Mais il y a aussi beaucoup de cas où le mâle polygame, comme le paon, le faisan, le cerf, le taureau, le lion de mer, présente une exubérance de caractères masculins. En fait, on a même pu soutenir que l'accroissement de la fonction sexuelle chez le mâle tend à accroître les caractères masculins et vice-versa.

Le rôle des sécrétions internes.

11. On a reconnu depuis longtemps que les organes reproducteurs exercent une influence générale sur tout l'individu; on s'en rend compte par les changements qui survien-

nent à l'adolescence, et lors de la grossesse, même dans les parties les plus éloignées du corps. Ce fait est exprimé par l'aphorisme d'Helmont: « *Propter solum uterum mulier est quod est* » que Chéreau modifie en « *Propter solum ovarium mulier est quod est* ».

L'opinion de Pflüger que les gonades exercent une influence par l'intermédiaire des nerfs qui leur sont associés, a cédé la place à la théorie due à Brown-Sequard que l'influence se répand à travers le corps au moyen des sécrétions internes des gonades. Nous devons à Starling le terme commode « d'hormones » appliqué aux substances spécifiques stimulantes contenues dans ces sécrétions internes.

Rappelons que le testicule, ou organe mâle, chez un animal supérieur, comprend: 1. des cellules productrices de sperme disposées en tubules; 2. des cellules interstitielles de types variés; 3. une enveloppe extérieure en tissu conjonctif. De même l'organe femelle ou ovaire se compose: 1. d'œufs disposés en groupes ou follicules; 2. de cellules interstitielles de types variés (le stroma de l'ovaire, les cellules folliculaires, et le corps jaune); 3. d'une enveloppe extérieure conjonctive.

Il a été prouvé par de nombreux chercheurs, que les cellules interstitielles des testicules des mammifères sont relativement indépendantes de la partie germinale; elles peuvent se trouver bien développées alors que la partie germinale est encore à l'état embryonnaire. Elles peuvent apparaître à une certaine distance des tubules séminifères; elles peuvent être normales dans des testicules âgés, chez lesquelles les éléments sexuels ont disparu, ou dans des testicules malades chez lesquelles seule la partie séminifère se trouve être atteinte. On a assigné à la secrétion de ces remarquables cellules glandulaires trois fonctious. Elle pourrait nourrir les testicules; elle pourrait agir comme stimulant sur la formation des caractères sexuels secondaires, et elle pourrait avoir une action sur l'excitation génitale.

On a prouvé que les caractères masculins (chez le cheval et l'homme) peuvent se développer malgré la dégénérescence de la partie spermatogène des testicules, si la partie interstitielle se trouve bien développée. Il s'ensuit que la sécrétion interne stimulante sans laquelle les caractères masculins ne se développent pas, est produite par le tissu interstitiel. On a prouvé (chez la taupe, la marmotte et l'homme) que le tissu

interstitiel augmente et diminue et que le retour de la période de « chaleur » chez les animaux est précédé par l'activité du tissu interstitiel précédant l'activité spermatogène. De même chez la femelle la sécrétion interne qui provient de l'ovaire a son origine, non dans la partie germinale, mais dans la partie interstitielle de l'organe.

Prenons le cas de la poule. Pendant les trois ou quatre semaines qui suivent l'éclosion, on ne constate aucun signe extérieur du sexe chez les poussins. Les dimensions et la couleur de la crête, du plumage et des membres sont semblables chez les poussins des deux sexes, et ce n'est qu'après le trentième jour que l'on peut apercevoir une différence extérieure. Vers le quarante-cinquième jour, la crête est plus prononcée et plus colorée chez le mâle, les barbillons commencent à se développer. Les jeunes coqs chantent vers le deuxième mois, et il se produit dans le plumage des changements qui différencient de plus en plus les deux sexes.

Jusque là, nous sommes sur un terrain familier, et il est bien connu que le fait d'enlever les testicules empêche le développement des caractères sexuels secondaires. Mais les recherches de J. des Cilleuls (1912) ont rendu les faits plus précis. Il a montré que l'apparition des caractères sexuels secondaires coïncide avec celle des cellules interstitielles dans les testicules; il constate un accroissement *pari passu* des cellules interstitielles et des caractères masculins, et une accentuation de ces derniers jusqu'après le soixantième jour, tandis que la partie essentielle des testicules, les tubes séminigènes, restent à l'état embryonnaire. Il semble donc que la sécrétion interne des cellules interstitielles joue le rôle de stimulant pour le développement des caractères sexuels secondaires.

Ainsi que l'ont dit Steinach et Kammerer, les changements se produisant dans le corps d'un animal à sa puberté sont conditionnés par la sécrétion interne des gonades et probablement par celle du tissu interstitiel seul. Le cerveau se trouve influencé profondément, il est « érotisé »; il devient sensible aux attractions de l'autre sexe. Les ganglions cérébraux tendent à diminuer le tonus de certains centres inhibiteurs de la moelle épinière, et en même temps l'excitabilité de certains ganglions sympathiques est accrue, de sorte qu'ils réagissent à l'excitation périphérique.

« L'érotisation du système nerveux central amène aussi

des changements à répercussion étendue dans le métabolisme, comme un afflux de sang plus grand aux caractères sexuels génitaux ou extra-génitaux qui réagissent alors par une croissance nouvelle et souvent annuellement renouvelée, et atteignent au moment de la puberté leur plein développement ». C'est en ces termes que Kammerer exprime une vérité basée sur l'expérience, et de la plus haute importance. Les gonades, par leurs hormones, ont une influence sur tout le corps, et en particulier sur les caractères sexuels, mais l'influence se fait sentir sous la régulation du système nerveux central. Mais on ne peut conclure que la sécrétion des gonades est la cause des caractères sexuels quoiqu'elle soit une des conditions de leur développement dans l'individu. Les gonades sont les nourrices, mais non les mères des caractères sexuels. Ces caractères font partie du trésor héréditaire, mêmes s'ils ne sont jamais manifestés. La sécrétion interne est une condition de leur développement normal et c'est tout ce que l'on peut en dire.

Selon Tandler, le criterium d'un caractère sexuel est constitué par le fait qu'il réagit d'une manière définie en présence des sécrétions des gonades. Celles-ci ponctuent la croissance des os longs, et affectent ainsi les proportions du corps; elles ont aussi une influence sur le système nerveux et le métabolisme général; elles agissent de concert avec d'autres sécrétions internes. Mais il est indéniable qu'elles exercent une influence formatrice très active et définie sur certaines parties qui sont les caractères sexuels. Il est plus difficile de comprendre l'évolution phylogénétique de cette corrélation.

Résumé des conclusions de Kammerer.

12. La spécialisation des cellules germinales comme distinctes des cellules somatiques a constitué le premier pas important dans l'évolution de la reproduction sexuelle. Le second fut amené par la différenciation en gametes dissemblables, en gamètes différant par leurs aptitudes assimilatrices, par la proportion de cytoplasme, par les dimensions et l'activité, en microgamète et macrogamète qui se fondent dans la fécondation.

La différenciation des sexes se produisit probablement très tôt dans la phylogénie et la détermination du sexe se produit très tôt dans l'ontogénie. Elle est progamique ou syngamique. Le sexe se trouve définitivement fixé à la fécondation. Avant

ce moment, pendant la période de maturation, les gamètes sont probablement, à des degrés différents, sensibles aux influences extérieures, de telle sorte que leur prédisposition unisexuelle (*eingeschlechtlicher Entwicklungstendenz*) peut être modifiée (à supposer qu'ils aient tous les éléments des deux sexes); mais plus l'animal est élevé dans l'echelle des êtres et moins la sensibilité est prononcée. C'est seulement chez les plantes et les animaux inférieurs que nous pouvons réussir à changer expérimentalement la prédisposition progamique en activant la tendance qui, sans cela, resterait latente. Les facteurs qui conditionnent la masculinité (« Mikrogamétismus ») ou la féminité (« Makrogamétismus ») sont, en définitive, des différences d'assimilation.

La suppression des gonades essentielles change le métabolisme, affecte le corps tout entier, et est généralement suivie de la dégénérescence des caractères sexuels subsidiaires et incidents. Mais ceci ne peut constituer un critérium entre les caractères sexuels et les caractères somatiques. Il semble vraiment que le corps soit « sexué » dans sa totalité.

Mais la castration, si tôt qu'elle soit produite, n'empêche jamais l'apparition du *primordium* embryonnaire d'aucun caractère. L'absence de la gonade a un effet purement quantitatif sur le degré du développement que peut atteindre un caractère, ou sur le degré de régénération qui peut se produire après la perte.

Lorsque des substances gonadiques essentielles sont introduites sous une forme quelconque (transplantation, injection, etc.) chez un animal châtré, les effets de la castration se trouvent atténués ou renversés. Les substances gonadiques des deux sexes peuvent différer dans leurs effets, mais seulement d'une manière quantitative. Ce qui est opéré avec de la substance ovarienne, peut aussi l'être avec de la substance testiculaire.

L'injection de la substance gonadique ou même cérébrale d'animaux en chaleur (plutôt des mâles que des femelles) peut provoquer chez les animaux châtrés une excitation sexuelle et des symptomes de chaleur. Le cerveau érotisé doit être considéré comme un régulateur, qui précipite ou retarde la croissance de certaines parties, par ses effets sur les vaisseaux sanguins; il affecte aussi le tonus d'autres ganglions.

Les expériences de reproduction montrent que les caractères sexuels se comportent dans l'hérédité comme tous les

autres caractères d'espèce ou de race. Elles fournissent des exemples d'hérédité ou bien alternative ou bien combinée. De plus, les expériences d'hybridation montrent que des caractères systématiques indifférents peuvent être liés à l'un ou l'autre des sexes, et inversement que les caractères d'un sexe peuvent devenir la propriété des deux ou disparaître entièrement dans « l'atavisme » qui résulte parfois du croisement de races très séparées.

Les caractères sexuels se sont produits phylogénétiquement comme les caractères spécifiques, — par adaptation directe et fonctionnelle. Ils ont pu apparaître d'abord dans les deux sexes et ensuite se spécialiser chez un seul (généralement le mâle), et ceci est probablement vrai, en moyenne, des caractères plus anciens. Ou bien, ils ont pu apparaître chez un des sexes, en réponse à des conditions particulières de vie (généralement chez le mâle), et ceci est probablement vrai, en moyenne, des acquisitions plus récentes.

Les différences sexuelles apparaissant soit directement (par l'effet du milieu sur l'organisme passif), soit indirectement (établies fonctionnellement par l'organisme actif), deviennent des caractères héréditaires avec le reste de l'organisation. Ce qui était d'abord commun aux deux sexes peut devenir limité à un seul, et ce qui était d'abord propre à un seul, a pu devenir commun aux deux, et il y a eu sans doute un flux continuel d'attributs sexuels, gonadiques et génitaux le moins souvent, extra-génitaux le plus souvent.

Quelques exemples.

13. Kammerer base ses conclusions, pour la plupart, sur les résultats des recherches expérimentales récentes. Examinons quelques uns des faits qu'il relate dans son exposé. La castration des jeunes mammifères amène souvent un allongement des os longs, un amoindrissement du développement musculaire et un engraissement, une inhibition du développement du cerveau, et la suppression des caractères sexuels tels que les andouillers. La femelle châtrée peut présenter une activation des caractères masculins latents, mais chez les crabes châtrés par les parasites, les mâles présentent les caractères féminins. Dans certains cas, ainsi que l'a clairement prouvé Tandler, ce qui se développe après la castration pré-

sente plutôt la condition primitive, ce qui devait être, dans certains cas, commun aux deux sexes. Une daine avec des andouillers, une femme à barbe, une poule avec des plumes de coq, sont de bons exemples. Chez les chenilles, dont le sexe se trouve déterminé avant qu'elles quittent l'œuf, la castration ne produit aucun effet. Dans le cas des crabes attaqués par des parasites, ce qui arrive, d'après Geoffrey Smith, c'est un changement du métabolisme qui tend à prendre la direction féminine. Chez l'*Inachus*, le mâle parasité présente des membres abdominaux analogues aux porteurs d'œufs des femelles, et il produit des œufs. Mais la manifestation de ces caractères féminins extérieurs précède l'apparition des ovaires.

14. Dans certains cas, tel que celui des crètes des tritons mâles et des doigts renflés des grenouilles mâles, la régénération ne se produit pas si les gonades ne sont pas présentes. Dans d'autres cas, la régénération des caractères sexuels peut se produire en l'absence des gonades ou en présence de celles du sexe opposé. L'influence des gonades sur la régénération est au plus quantitative, non qualitative.

15. Les conséquences de la perte d'organes reproducteurs peuvent être amoindries ou annulées par la greffe d'autres organes reproducteurs qui n'ont point besoin d'être du même sexe ni mis à leur place habituelle. L'influence est chimique, car des injections d'extrait gonadique produisent parfois de l'effet et dans certains cas, un organe sexuel greffé ne développe que du tissu interstitiel, sans cellules germinales. Des effets semblables à ceux qui suivent l'introduction de la matière gonadique peuvent être produits sur des animaux châtrés par des extraits de cerveau ou de moelle épinière d'animaux en chaleur. L'influence des hormones semble donc être en grande partie indirecte, et s'opérer par le système nerveux.

16. De nombreuses expériences, faites souvent sur des insectes, montrent que des changements dans le milieu peuvent retentir sur l'expression des caractères sexuels accessoires, et peuvent même les transformer en ceux du sexe opposé. Un changement de métabolisme déterminé par le milieu, amène l'activation des caractères sexuels accessoires, normalement latents, du sexe opposé, ou (surtout chez les mâles) empêche l'activation des caractères sexuels normaux. Dans quelques cas, les gonades sont affectées de manière marquée par le changement de milieu, de sorte qu'une partie du résultat pour le

corps peut être un effet de castration; dans d'autres cas, les gonades ne sont nullement affectées. Kammerer attache beaucoup d'importance aux cas où des femelles masculinisées ont eu une descendance entièrement masculine, les femelles comme les mâles. Il en conclut que les caractères sexuels réagissent au milieu exactement comme des caractères somatiques ordinaires, et il croit que dans les deux cas, il y a une certaine transmission des modifications déterminées. Il nous faudrait de plus amples recherches sur ces cas si intéressants.

Les caractères sexuels et les caractères spécifiques.

17. Tandler et Kammerer nous ont rendu un vrai service en montrant que les caractères sexuels se comportent comme des caractères spécifiques ordinaires, au point de vue de l'hérédité, de la régénération, et de leurs rapports avec l'influence du milieu. Toutefois, nous croyons qu'ils ont exagéré une idée intéressante, qui, trop généralisée, devient inacceptable. Tandler dit: « Tous les caractères sexuels secondaires ont été d'abord des caractères spécifiques... et n'ont pas été d'abord associés à la sphère génitale ». Ainsi la glande à lait a du naître d'un groupe de glandes cutanées, communes aux deux sexes. Plus tard, chez la femelle, elle a rempli une autre fonction, et a été soumise à l'influence des organes reproducteurs. Mais sa présence chez les mâles n'a rien d'étonnant.

Chez les Bovidés, les cornes constituent un caractère constant d'une espèce ou variété donnée. Elles sont présentes chez les deux sexes. La différence de leurs formes d'un sexe à l'autre constitue un caractère sexuel. Quand il y a castration précoce, les deux sexes possèdent la même sorte de cornes, qui offrent une ressemblance frappante avec celles du type ancestral, du *Bos primigenius.*

De nombreuses autorités s'accordent pour reconnaître que les andouillers ont constitué une variation chez le mâle des Cervidés; ils ont aussi formé nécessairement une partie de l'héritage féminin, mais ils ne pouvaient s'exprimer, pour ainsi dire, dans la constitution féminine. Tandler, par contre, les considère comme ayant appartenu aux deux sexes, comme chez le bétail, et comme étant devenus avec le temps des caractères liés au sexe, développés normalement chez le mâle seulement, excepté chez le renne plus primitif où on les observe chez l'un et l'autre sexes.

Kammerer arrive à la même conclusion: « Les caractères sexuels forment simplement un groupe particulier de caractères spécifiques. Tous les caractères sexuels sont en même temps des caractères spécifiques ». Et il cite la thèse de Möbius sur l'existence d'une sorte de sexe somatique, d'une différenciation sexuelle de tous les organes et tissus, qu'ils présentent ou non une différence visible, de sorte que l'on peut, dit-il, retourner la phrase précédente et dire que tous les caractères spécifiques sont aussi des caractères sexuels. Mais en tous cas, il n'y a certainement pas de caractères sexuels spéciaux, distincts des autres caractères spécifiques, constituant des choses en soi et autonomes.

Dans leur récent ouvrage *Die biologischen Grundlagen der sekundären Geschlechtscharaktere,* 1913, Tandler et Grosz insistent vivement sur leur conclusion que tous les caractères sexuels ont été dérivés de caractères spécifiques ou « systématiques » qui, au cours des âges, ont été amenés (par la méthode usuelle de variation et de sélection) à entrer au service de la reproduction. Ceci a eu lieu à différentes périodes, ainsi que leurs différents degrés de variabilité à l'heure actuelle semblent l'indiquer. Et, en même temps que s'est faite l'évolution, il s'est produit une corrélation avec les glandes gonadiques à sécrétion interne qui fournissent leur excitation libératrice indispensable. « Les caractères sexuels secondaires doivent être au début des caractères systématiques, et ils doivent leur développement et leur différenciation à la coopération harmonieuse des glandes à sécrétion interne ».

18. Cela nous paraît être une exagération d'une idée excellente que d'affirmer que « tous les caractères sexuels secondaires furent d'abord des caractères spécifiques ».

Il y a, nous semble-t'il, de *nombreuses* particularités propres à un sexe, ou à l'autre, qui ne peuvent être facilement rattachées à des caractères spécifiques que l'on suppose communs aux deux sexes. Si l'on objecte que les cas que nous citerions ne constituent pas de bons exemples de caractères sexuels, nous répondrons qu'il est extrêmement difficile d'établir une démarcation des « caractères sexuels secondaires » en les opposant à d'autres différences sexuelles. C'est spécialement difficile pour les Invertébrés, à propos desquels nous ne savons pas grand'chose des rapports des glandes à sécrétion interne avec les gonades essentielles, et nous sommes par là

privés de ce critérium utile d'un caractère sexuel secondaire qui a été découvert chez les Vertébrés.

Examinons donc, au point de vue de la théorie de Tandler, quelques différences sexuelles frappantes. La femelle de l'Argonaute diffère beaucoup du mâle. Elle est beaucoup plus grande, elle a deux « bras » spécialement modifiés pour sécréter une coquille unique, sans homologie avec les autres coquilles des céphalopodes, et qui sert de chambre d'incubation pour les œufs durant leur développement. Le petit mâle n'a pas de coquille de ce genre et ne présente aucune modification de deux de ses bras. Quand il est sexuellement mûr, un de ses bras se charge de paquets de spermatozoïdes et est expulsé sous la forme d'hectocotyle dans la cavité palléale de la femelle. Ce sont là des faits familiers, mais nous ne possédons aucune raison de supposer que les ancètres immédiates de l'Argonaute ont jamais possédé une coquille externe ou des bras modifiés tels qu'en a actuellement la femelle. Rien ne l'indique. De plus, la coquille n'est pas une habitation, c'est un abri pour les œufs, un berceau, non une maison, et n'a de raison d'être que chez la femelle.

Examinons l'un de ces cas très intéressants où la femelle possède une particularité positive et définie que n'a pas le mâle, par exemple parmi les grenouilles, le genre *Nototrema* où il y a une poche dorsale dans laquelle la femelle porte les œufs. Y a t'il aucune raison de supposer que cette poche fut jamais un caractère spécifique?

Les soi-disant organes copulateurs des Sélaciens et des Chimères mâles constituent un autre exemple. Chez un poisson comme la raie, ce sont des caractères sexuels très apparents. Leur structure est extrêmement spécialisée, et comporte une musculature et un squelette compliqués. Chez la Chimère, ils sont encore plus compliqués. Ce sont de vrais organes mâles et dans certains cas, tout au moins, ils sont introduits dans le cloaque de la femelle pendant l'union sexuelle. Phylétiquement, ce sont des parties spécialisées des nageoires pelviennes, mais il n'y en a pas trace chez la femelle. Il n'y a aucune raison, autant que nous le pouvons savoir, de supposer que les ancètres de nos modernes Sélaciens possédaient, chez les deux sexes, des structures analogues à ces organes copulateurs.

Pareillement, l'araignée mâle est souvent très différente de la femelle, non seulement en dimensions, mais par la grande

complexité des pédipalpes qui servent à introduire les spermatozoïdes chez la femelle. Le caractère sexuel ici n'est pas constitué par le pédipalpe qui est naturellement commun aux deux sexes, mais par l'extraordinaire élaboration de l'extrémité de cet appendice. Nous ne voyons aucune raison pour considérer ceci comme autre chose qu'un caractère masculin.

Chez la plupart des Mammifères, les testicules sont portées dans une poche externe ou scrotum (dans lequel ils descendent, comme par une hernie normalisée, à un certain degré de développement), tandis que les ovaires restent toujours à l'intérieur. Ceci constitue une particularité masculine bien définie, un quelque chose en plus, dont il n'y a pas trace chez la femelle, et nous ne trouvons aucune raison pour y voir la transformation d'un caractère spécifique qui fut commun autrefois aux deux sexes. De même, les ovisacs saillants de beaucoup de Copépodes femelles par exemple, les Cyclopes, sont un quelque chose en plus que présente la femelle.

Essai de théorie d'un mode d'origine des caractères sexuels.

19. Si nous cherchons ailleurs que dans l'hypothèse que les caractères sexuels se sont développés par l'accumulation héréditaire des résultats directs de modifications somatiques fonctionnelles ou dues au milieu, il faut que nous admettions cette idée qu'ils ont pu naître sous forme de variations germinales ou mutations. Ce fait que l'origine germinale des variations ou mutations est enveloppée d'obscurité, rend toute étiologie phylogénétique difficile. Il n'y a pas de difficulté *spéciale* en ce qui concerne les caractères sexuels; le problème de leur origine est probablement dans son essence celui de tous les autres caractères.

Sans nous écarter de notre présent but, nous pouvons rappeler quelques-unes des possibilités relatives à l'origine des variations. Des fluctuations dans la nutrition peuvent amener des changements dans les cellules germinales. Lors des occasions fournies par la maturation et la fécondation, les chromosomes peuvent être mélangés. Les changements externes peuvent servir d'excitations déclenchant la variation dans le plasma germinatif si complexe. Il y a chez la matière une tendance à devenir plus complexe qui n'est pas plus explicable que la gravitation, mais qui est très réelle; peut-être l'unité

vivante l'utilise-t'elle dans les *essais germinaux qu'elle fait pour s'exprimer,* car c'est là ce que nous parait être la mutation.

Supposons donc qu'une cellule germinale déjà predisposée à devenir productrice de femelles ait été le siège d'une variation, par exemple chez les déterminants ou facteurs correspondants au futur ovaire. Supposons que cette variation ait été du côté de la production d'une glande à albumine accessoire. Au cours du développement, le déterminant ou facteur, s'il reste consistant avec le reste de la constitution, s'actualise, et il y a un commencement de glande, évidemment une addition avantageuse. Au cours du temps, l'organisme se reproduit, et ses cellules germinales contiennent en elles (selon la conception de la continuité germinale) le déterminant ou facteur d'une glande à albumine. Mais une difficulté se présente immédiatement à l'esprit: ce nouvel élément héréditaire se trouvera, non seulement chez les cellules germinales qui se développeront en femelles, et où il sera utile, mais aussi chez celles qui se développeront en mâles, où il sera parfaitement inutile. Il n'y a absolument aucune raison pour que quelques-unes des cellules-œufs produites par la femelle originelle en question possédent le déterminant d'une glande à albumine, et les autres non. La difficulté est donc celle-ci: que deviendra le facteur de la glande à albumine chez les cellules germinales qui donneront des mâles. La réponse est qu'il restera latent, non parce que son expression serait inutile, ce qui est une idée finalistique, mais parce qu'il naquit sous forme d'une variation, chez un gamète prédisposé à se développer en femelle. Il est solidaire de l'état femelle qui, pour nous, représente un rapport ou un rythme métabolique, avec un anabolisme relativement prépondérant. Pour employer une métaphore, c'est une graine qui germera dans un terrain féminin et ne germera pas dans un terrain masculin, bien qu'elle y reste à l'état latent.

Pour plus de clarté, examinons le même cas, mais du côté mâle. Chez une cellule germinale (œuf, œuf fécondé ou spermatozoïde) prédisposée à se développer en producteur de spermatozoïdes, apparaît une variation, mettons, une tendance à une pigmentation plus vive de la peau. Si elle est consistante avec le reste de l'organisme elle se réalise dans le développement: c'est un succès, tous les spermatozoïdes la possèdent et la propagent à une multitude d'œufs. Mais elle

ne se développe que chez les œufs fécondés qui deviendront des mâles. Il en est ainsi parce que la variation s'est produite en premier chez un gamète producteur de mâles. C'est une graine qui germera seulement dans un terrain masculin et restera à l'état latent dans un terrain féminin. Ainsi une variation germinale dans les œufs parthénogénétiques de l'abeille qui donneront des mâles, restera inexprimée chez les femelles ou reines, mais sera néanmoins transmise fidèlement par elles.

Nous proposons donc l'hypothèse conditionnelle, que les caractères décidément masculins proviennent tous de variations chez des gamètes prédisposés ou prédéterminés à se développer en mâles, et que les caractères décidément féminins sont tous nés de variations chez des gamètes prédisposés ou prédéterminés à devenir des femelles. Cette différence primordiale dans l'origine expliquerait: 1) pourquoi les nouveaux gains ne s'expriment souvent que chez un seul sexe, et 2) pourquoi ils sont unis les uns aux autres dans l'hérédité. Cette hypothèse n'est nullement incompatible avec l'idée que les caractères sexuels sont des caractères spécifiques transformés, car la variation dans ces cas a été la transformation d'un caractère somatique en un caractère sexuel. Elle n'est nullement incompatible avec les faits relatifs à l'importance des hormones dans le développement individuel des caractères sexuels, qui est une des questions de la physiologie du développement. Il n'y a pas non plus incompatibilité entre notre hypothèse et l'idée que quelque processus de sélection a favorisé la persistance et la diffusion du nouveau caractère. De même, elle s'accorde avec l'idée que les caractères sexuels se comportent au point de vue de l'hérédité comme des caractères Mendéliens. L'hypothèse se rapporte à *l'origine,* non au développement ontogénétique, ni à l'évolution phylogénétique, ni au mode d'hérédité.

Il y a dans *L'évolution du sexe* (1889) un argument employé à l'occasion d'un sujet différent, qui peut être invoqué ici pour corroborer notre hypothèse. Le voici. Il y a de nombreux caractères décidément masculins qui possédent une certaine « ressemblance de famille » qui ont l'air d'avoir quelque chose en commun, qui sont tous un accompagnement du métabolisme plus intense du sexe mâle. Ceci paraît très intelligible à un Lamarckien, puisqu'il considère la couleur, l'exubérance des excroissances tégumentaires, l'érection de parties du corps telles que la crête et les plumes de la queue, la

formation d'armes d'un côté et d'organes copulateurs de l'autre, comme des développements naturels du mâle plein de vie et de passion, comme des développements naturels individuels, dont les résultats se sont incorporés graduellement dans le bagage héréditaire. Mais nous ne pouvons considérer les choses ainsi. Nous ne croyons pas que la Nature travaille de manière si *directe*. Nous pensons que ce qu'il y a de conformité entre les caractères sexuels masculins (couleur plus vive, décoration exubérante, plus petites dimensions) peut s'expliquer comme étant dû à ce que ces caractères sont nés comme des variations germinales ou mutations dans les cellules germinales prédestinées à se développer en mâles.

20. Comme hypothèse subsidiaire, nous pensons que les augmentations de l'activité des glandes gonadiques (dues soit à des causes germinales ou bien à la nutrition et au milieu) ont pu, de temps à autre, mettre en liberté dans l'organisme une quantité anormale d'hormones, marchant de pair avec une exagération correspondante des caractères sexuels individuels. Or étant jusqu'à présent Weismanniste et croyant tout de même qu'il a quelque chose dans le Lamarckisme, nous proposerions l'hypothèse suivante que nous soumettons à la critique. Dans cette hypothèse, l'abondance anormale des hormones (dont la nature nous est très peu connue) peut exercer une influence sur les cellules germinales dans les gonades, et stimuler en elles les déterminants correspondants aux caractères sexuels secondaires qui se trouvent subir une stimulation spéciale dans l'organisme considéré.

Les caractères sexuels dans le développement individuel.

21. Nous pouvons imaginer que ce qui se passe dans l'ontogénie est quelque chose comme ceci. La cellule-œuf fecondée est le véhicule (d'une manière qui nous échappe) des déterminants (ou des facteurs, initiatives, ou potentialités) de tous les caractères propres à l'espèce. En elle est aussi la possibilité de faire surgir les caractères particuliers à l'un ou l'autre sexe, organes sexuels essentiels, organes sexuels secondaires, ou caractères de parties éloignées du corps. Il est probable que le facteur inconnu déterminant si l'œuf fécondé deviendra producteur de spermatozoïdes ou producteur d'œufs, détermine en même temps le développement de la série masculine ou

féminine des caractères. La cause qui décide que l'œuf fécondé donnera un cerf muni de testicules, décide aussi que ce sera un cerf muni d'andouillers.

Nous pouvons comparer les déterminants des caractères sexuels à des graines qui ne germent que dans un certain terrain. La détermination du sexe règle la question du terrain (protoplasmique). Si l'œuf fécondé doit devenir un mâle, toutes les « graines masculines » germeront; si l'œuf fécondé doit devenir une femelle, toutes les « graines féminines » germeront. Si le sexe est imparfaitement différencié, comme chez les hermaphrodites accidentels, quelques caractères des deux séries, masculine et féminine, pourront trouver à s'exprimer.

Si l'on demande pourquoi le fait qu'un œuf fécondé va se développer en un mâle ou une femelle, doit *ipso facto* impliquer que tous les caractères masculins ou féminins doivent s'exprimer, nous avons répondu que les caractères sont tous en corrélation, qu'ils sont là, ou n'y sont pas, *en bloc,* et qu'ils forment un assemblage en rapport avec le sexe. Comme raison de cette corrélation, nous avons émis l'idée 1) que tous les caractères masculins ou féminins se sont produits originellement, en tant que variations germinales dans des gamètes prédisposés à se développer en mâles ou femelles, et 2) que dans certains cas, ces variations peuvent être interprétées raisonnablement comme étant congruentes ou solidaires avec la diathèse caractéristique mâle ou femelle. Il faut ajouter à ceci la très importante considération que, de même qu'au cours de l'évolution une glande thyroïde et une glande pituitaire ont surgi, chargées de fonctions très importantes dans l'économie interne de l'organisme, de même au cours de l'évolution ont surgi les glandes gonadiques dont les sécrétions internes, travaillant de concert avec d'autres sécrétions internes, servent d'excitations libératrices, et indirectement de régulateurs, au développement des caractères sexuels.

Aberdeen, University.

J. ARTHUR THOMSON

(Traduit par M. Henry de Varigny - Paris).

ÉCONOMIE ET POLITIQUE

La conception économique de l'histoire est apparue à l'époque des grandes inventions techniques qui ont révolutionné les moyens de production et ouvert cette nouvelle et puissante ère sociale que nous connaissons sous le nom d'époque du machinisme, ou bien encore, bien que les deux idées ne coïncident pas parfaitement, sous celui d'époque du capitalisme. C'est un économiste italien du début du XIX[e] siècle, qui, patriote et exilé politique, avait passé sa vie en Angleterre, Giuseppe Pecchio, qui, dans un court écrit, publié plus tard par lui en appendice à un intéressant petit volume sur l'histoire des finances et de l'économie dans le royaume d'Italie (1802-1804) et intitulé: *Dissertazione sino a qual punto le produzioni scientifiche e letterarie seguano le leggi economiche delle produzioni in generale (Dissertation jusqu'à quel point les productions scientifiques et littéraires suivent-elles les lois économiques des productions en général?),* soutint qu'en particulier la production spirituelle ne dépend pas de la forme de l'état, mais uniquement, tant pour la quantité que pour la qualité, des lois de l'offre et de la demande.[1] En historiographie, la méthode de se référer à l'économie a été suivie pour la première fois d'une façon heureuse et conséquente par un historien allemand, Carl-Wilhelm Nitzsch, dans son *Histoire des Gracques,* parue en 1847.[2]

[1] GIUSEPPE PECCHIO, *Saggio storico sulla amministrazione finanziera dell'Ex-Regno d'Italia*, Torino, 1852, p. 133; cfr. aussi PAOLO ORANO, *Il precursore italiano di Carlo Marx*, Voghera, Roma, 1899.

[2] V. C. JASTROW, *Carl-Wilhelm Nitzsch und die deutsche Wirtschaftsgeschichte*, dans « Jahrbuch für Gesetzgebung, Verwaltung, etc. ». Année VIII (1881), p. 873-897.

C'est, cependant, le mérite incontestable de Marx et d'Engels d'avoir les premiers non seulement élevé au rang de système la part spéciale qu'ont les forces productives parmi les facteurs de l'histoire, mais aussi d'avoir assigné à ces forces, avec la création d'une nouvelle philosophie de l'histoire, la place qui leur appartenait; d'abord sous une forme rigide et qui n'était pas toujours acceptable, d'après laquelle tous les phénomènes, en quelque domaine de l'activité humaine qu'ils se présentent, sont compris comme des conséquences immédiates de l'économie, comme la « suprastructure » d'une sous-structure possédant un caractère nécessairement économique; plus tard, dans une conception essentiellement différente, d'après laquelle on affirme, selon les lettres d'Engels de 1890 et de 1894, que les formes du droit, les théories politiques, juridiques, philosophiques, les conceptions religieuses ou les dogmes exercent sur le développement de l'histoire de fortes influences et, dans beaucoup de cas, ont même une action prépondérante dans la détermination de leur forme. « Il y a par suite des forces innombrables, qui s'entrecroisent les unes dans les autres, une série infinie de parallélogrammes des forces, dont provient une résultante, l'événement historique ». Et plus tard, dans une lettre de 1895: « L'évolution politique, l'évolution juridique, philosophique, littéraire, religieuse, et ainsi de suite, s'appuient sur l'évolution économique. Mais toutes, elles réagissent les unes sur les autres et sur la base économique ».[1]

Une observation préliminaire: le groupe social dépend à un degré élevé du moteur économique, bien qu'il soit loin de lui obéir d'une façon absolue, ne serait-ce que parce qu'il lui manque souvent la conscience de la nécessité et de l'utilité économique et que, pour cette raison, tandis qu'il croit agir à l'unisson du stimulant économique lui-même, il suit un chemin opposé à celui de l'intérêt économique. L'individu, par contre, soit qu'il se laisse entraîner par le fanatisme, soit qu'il possède des dons puissants de caractère, peut presque se dégager complètement du lieu économique, et, par conséquent, suivre, tant dans sa vie personnelle que dans la vie politique, une conduite qui se trouve dans une contradiction insoluble avec ses intérêts économiques. Dans l'évolution du socialisme, il y a, surtout à ses débuts et dans certains pays, comme la Russie et

[1] EDUARD BERNSTEIN, *Die Voraussetzungen des Sozialismus und die Aufgaben der Sozialdemokratie*. Dietz. Stuttgart, 1904, p. 7.

l'Italie, et même aussi la France, des périodes, où les travailleurs ont été guidés par des enthousiastes et des rêveurs appartenant aux classes supérieures, qui ne se refusaient à aucun des sacrifices dont ils pussent attendre le succès de la cause à laquelle ils s'étaient consacrés; par des hommes comme le prince Krapotkine et le comte Carlo Cafiero, grands propriétaires, qui renoncèrent à leur patrimoine ou le dépensèrent jusqu'au dernier sou pour les fins de leur idéal, se contentant pour eux-mêmes de la vie la plus modeste et la plus mesquine. En ligne générale, on devrait donc se dégager, dans l'examen de la question qui nous intéresse, du facteur individuel.

La constitution politique et la vie politique elle-même d'une nation sont en règle générale bien loin d'être l'expression parfaite de la forme prédominante de vie économique que nous y rencontrons. L'exemple le plus démonstratif nous en est fourni par la surprenante antinomie qui domine la vie de l'Allemagne moderne. L'Allemagne moderne, en effet, considérée au point de vue économique, nous apparaît comme un pays en grande partie industriel et capitaliste, — le nombre de ses habitants occupés dans l'industrie et dans le commerce non seulement est considérablement plus grand que le nombre correspondant de ceux occupés dans l'agriculture, mais ce rapport se modifie encore chaque année dans un sens toujours plus favorable à la catégorie industrielle de la population, — et comme un pays qui, sous de multiples rapports, ne craint pas la comparaison avec les états les plus typiquement industriels et capitalistes du monde, Angleterre, Belgique et Amérique, — cette Allemagne, dis-je, porte encore, pour tout ce qui concerne la forme du gouvernement, l'esprit politique, les mœurs et les coutumes du peuple, une empreinte à un haut degré féodale et aristocratique. Au *contenu* nettement industriel et capitaliste, correspond donc ici une *forme* précapitaliste.[1] En Prusse, ce qu'on appelle la «classe politique» est encore formé de *junker* et de fonctionnaires du gouvernement. Il n'est pas jusqu'aux fils des plus grands barons de l'industrie à qui ne restent fermés et inaccessibles les régiments et les postes considérés comme les plus aristocratiques. Un autre symptôme du phénomène nous apparaît encore: la situation juridique des

[1] Ces connexions ont été approfondies par moi dans mon volume: *La sociologia del partito politico nella democrazia moderna*, Unione Tipogr. Editr. Torinese, Torino, 1912, p. 248 sqq.

travailleurs agricoles se distingue sur des points essentiels, — et précisément à leur désavantage, — de la situation juridique des ouvriers de l'industrie. En d'autres termes, les propriétaires fonciers refoulés, économiquement, au second rang, se sont montrés davantage capables de résistance politique contre l'assaut du mouvement ouvrier et contre l'influence de celui-ci sur l'état que les « bourgeois », économiquement plus forts, des villes. Aussi est-ce à juste titre qu'un marxiste hongrois cultivé, Erin Szabò, observe que la même base économique produit dans les divers pays, selon les rapports entre le forces qui y existent, en connexion avec les fondements économiques du passé et des traditions anciennes, des structures sociales très différentes les unes des autres.[1]

Des observations semblables à celles qui concernent les relations entre l'économie et la prépondérance de classes données dans la vie politique peuvent être faites dans presque tous les autres domaines. Ainsi encore, malgré qu'on ait voulu, et pas toujours sans succès, présenter le protestantisme comme la confession des riches, dans le domaine de la religion, Max Weber a raison, quand il met en garde contre la tentative d'abaisser les mouvements religieux au niveau de simples réflexes ou en faire les conséquences des processus économiques. Fort opportunément, il a fait observer que le schisme religieux du XVIe siècle s'est propagé dans le sens vertical à travers les collectivités populaires qu'il intéressait, sans gagner une couche particulière de préférence à une autre, mais en attirant des individus isolés appartenant aux couches les plus différentes; et que c'est seulement plus tard, en partie certainement pour des motifs d'ordre économique, que se serait, çà et là, accomplie une scission sur le terrain confessionnel, en connexion avec la différenciation des classes.[2] De même, dans le droit constitutionnel, on ne peut non plus démontrer, au moyen d'arguments historiques solides, qu'une forme donnée de gouvernement soit la suprastructure nécessaire de rapports économiques et de production donnés. Le despotisme, par exemple, nous le trouvons épanoui dans la tyrannie de nombreuses cités de la Grande-Grèce, dans l'Empire romain, dans

[1] ERVIN SZABÒ, *Politique et syndicats*, « Mouvement Socialiste », Année XI, p. 111.

[2] Premier Congrès Sociologique de Francfort, Octobre 1910, d'après la « Frankf. Ztg. », N. 292, p. 2.

beaucoup d'états féodaux du moyen-âge, dans l'Empire français et dans le peuple pastoral des Cafres, et, dès lors, établi sur les bases économiques les plus variées.[1] La genèse des états ne se trouve jamais ramenée aux seules nécessités économiques; souvent même, elle est avec eux en opposition absolue. Exemples du premier cas: au mouvement, qui aboutit à l'unité allemande et au mouvement parallèle qui aboutit à l'unité italienne, ont certainement contribué à un haut degré, en partie consciemment, en partie inconsciemment, les désirs d'ordre économique, spécialement le désir d'un vaste territore douanier, nécessaire pour le développement d'un grand commerce et d'une industrie puissants, ou, plutôt, le besoin de briser toutes les barrières élevées par de tout petits états contre la libre expansion du commerce.[2] Aucun historien sérieux, pourtant, à quelque parti qu'il appartienne, ne pourra nier qu'à la naissance de deux royaumes ont coopéré d'une façon plus vigoureuse ces deux éléments: le sentiment patriotique, engendré par de profondes raisons linguistiques, et l'action, sans rapport, sinon d'une façon vague, avec les motifs économiques, du principe des nationalités. Dans la séparation de la Belgique d'avec la Hollande, en 1830, la force économique déterminante a été particulièrement évidente. Toutefois, elle n'aurait pas été par elle seule suffisante, si cette circonstance ne lui était venue en aide, que la bourgeoisie française ou francisée des provinces belges, grâce au contact linguistique ou personnel avec la France voisine, s'était assimilée une partie des principes libéraux de la révolution française et de l'ère napoléonienne, tandis que la Hollande, qui vivait dans l'isolement, était encore en grande partie l'esclave des courants conservateurs, si bien que, entre les deux peuples, en dehors de l'opposition économique, un haut contraste subsistait de nature mentale, et qui n'était pas engendré par l'économie. Exemples du second cas: parmi les notions les plus élémentaires de la connaissance historique, nous trouvons celle-ci, que, spécialement du XIVe siècle jusqu'au début du XIXe, la formation des états s'est accomplie dans une indépendance parfaite à l'égard des conditions économiques des pays, et en rapport avec des conditions dynastiques.

[1] Cfr. ADOLFO ASTURARO, *Il materialismo storico e la sociologia generale*, Libreria Moderna, Genova, 1904, p. 293.

[2] Qu'on lise, pour l'Italie, les essais intéressants de GIUSEPPE PREZZOLINI, *Fattori economici nel Risorgimento italiano*, dans la « Voce », Année III, N. 1.

L'Autriche, considérée au point de vue économique, n'a jamais eu de raison d'être, et de même aussi l'Espagne, constituée par la Catalogne et les Castilles, qu'un mariage royal avait soudées ensemble, expression géographique sans doute, mais si peu économique, que les plus intelligents parmi les Catalans (ceux qu'on appelle les séparatistes) ont cherché depuis la fin du XVIIe siècle à se séparer nettement des régions occidentales, profondément étrangères pour eux, de la péninsule pyrénienne.

Par contre, la réalisation de vastes mesures politiques a pu, selon les cas, puissamment favoriser l'économie ou la ruiner par la base. Au point de vue de l'histoire de l'économie, il est permis de rattacher étroitement la décadence économique de l'Espagne à l'expulsion des Juifs de ce pays, et le début, presque contemporain, de la prospérité de la Hollande septentrionale, et spécialement d'Amsterdam, au fait que la majeure partie de ces Juifs émigrèrent précisément dans ces régions (1492, 1609-11). Le développement d'Amsterdam date, en effet, non seulement de la ruine d'Anvers par les Espagnols et de l'immigration de Flamands (1579-1586), mais de l'afflux de 5000 Juifs venus de la péninsule ibérique. De même, la révocation de l'Édit de Nantes ou, si l'on veut, de Nîmes par Louis XIV, en 1685, et l'émigration, qui suivit cette révocation pendant trois années consécutives, de plus de cinquante mille familles, — on a plus tard voulu estimer cette émigration à l'exode de quatre cent mille personnes et même plus, — appauvrit la France dans la même mesure où elle avantageait, sous le rapport commercial et industriel, les pays voisins, l'Espagne exceptée. Voltaire dit fort justement de ces *réfugiés* qu'ils « allèrent porter chez les étrangers les arts, les manufactures, la richesse. Presque tout le Nord de l'Allemagne, pays encore agreste et dénué d'industrie, reçut une nouvelle face de ces multitudes transplantées. Elles peuplèrent des villes entières. Les étoffes, les galons, les chapeaux, les bas, qu'on achetait auparavant à la France, furent fabriqués par eux. Un faubourg entier de Londres fut peuplé d'ouvriers français en soie; d'autres y portèrent l'art de donner la perfection aux cristaux, art qui fut alors perdu en France ».[1]

Les deux cas que nous avons ici abordés, celui des Juifs espagnols comme celui des huguenots français, sont des cas

[1] VOLTAIRE, *Siècle de Louis XIV* (édition Didot, Paris, 1864), p. 419.

typiques d'événements historiques de grande importance, qui, tout en provenant de causes politiques, ont amené avec eux des transformations profondes dans le domaine économique. Il s'agit dès lors d'une suprastructure économique reposant sur une base psychologico-idéologique, et même nettement religieuse. L'intolérance religieuse a été la cause occasionnelle du fait que la partie industriellement ou commercialement la plus utile de la population dût abandonner le pays et transporter ailleurs son activité, sa capacité de travail. Dans la France des Bourbons, ç'ont été les habitants des provinces les plus développées au point de vue industriel, surtout du sud; dans l'Espagne des Habsbourg, les Juifs et les dissidents de la synagogue (les Marrani), c'est-à-dire les membres d'une race qui, pour parler comme Sombart, peut être regardée comme « l'incarnation de l'esprit capitalistico-mercantile », [1] et qui, dans les pérégrinations auxquelles elle fut forcée dans l'histoire, partout où elle apparaît, pourvu qu'on lui ait consenti une certaine liberté de mouvements, fit fleurir les commerces et les trafics, et, inversement, partout où on la chassa, laissa derrière elle la stagnation ou la décadence économique.[2] Il est clair que, sans ces phénomènes *politiques*, on n'aurait pas vérifié, ou on ne l'aurait fait que seulement beaucoup plus tard et plus lentement, le développement économique, ici de l'Allemagne protestante, là de la Hollande. L'étiologie qui porte sur la transplantation de l'industrie d'un pays dans un autre par le moyen de fortes migrations, provoquées par l'oppression politique, ne nous révèle pas précisément, dans les cas analogues à ceux qui ont été signalés, une force impulsive occulte de nature économique. A ce que je sais, il n'y a encore jamais eu, pas même de nos jours, de partisan, si fanatique soit-il, du matérialisme historique, qui ait osé tenter l'entreprise d'inter-

[1] Cfr., entre autres, WERNER SOMBART, *Der moderne Kapitalismus*, Leipzig, 1902, vol. II, p. 349; de même, vol. I, p. 266 seqq.

[2] Que les Juifs eux-mêmes, malgré toutes les migrations forcées, aient fini par y trouver leur avantage, cela est évident. Dans la première moitié du XVIIe siècle, les Juifs étaient venus à Amsterdam en partant du Portugal et de l'Allemagne, en partie pauvres, en partie appauvris. Déjà en 1720, quand le général français le prince de Condé se trouvait sur le territoire hollandais, ils purent, sans nécessité (car les Français n'étaient entrés que dans la Betuwe), offrir deux millions de florins pour échapper à un pillage éventuel pendant la prise d'Amsterdam (v. *Mémoires de Monsieur de Gourville concernant les affaires auxquelles il a été employé par la cour depuis 1642 jusqu'en 1698*. Paris, 1724. tome II, p. 159).

caler l'émigration juive venue d'Espagne ou l'exode des huguenots sortis de France comme des anneaux dans la chaîne des phénomènes historiques, considérés au point de vue matérialiste, dans le sens marxiste de l'expression. Dans l'état actuel de la recherche historique, nous nous trouvons, ainsi, dans l'un et l'autre cas, en présence du fait qu'en économie sont possibles des métamorphoses déterminées par des motifs politico-religieux. En principe, il n'y a certainement pas à négliger la question de savoir si les mesures politiques, qui ont provoqué des transformations économiques, n'ont pas été, au fond, provoquées à leur tour par des causes économiques. Mais on ne trouve pas toujours une réponse affirmative à cette demande.

Cette thèse pourrait être illustrée par nous au moyen de plusieurs volumes remplis d'abondantes preuves tirées de la vie historique de tous les temps et de tous les peuples. Qu'il nous soit seulement permis d'extraire, de la masse des matériaux qui pourraient la démontrer, et qui sont à notre disposition, au moins encore un autre exemple.

Le blocus continental, malgré sa brève durée et son exécution imparfaite, a exercé sur le commerce et sur l'industrie du continent, comme dans l'Angleterre elle-même, une action véritablement révolutionnaire. Il bouleversa tous les anciens rapports entre l'importation et l'exportation, il en substitua d'autres à leur place, et, enfin, nous voudrions l'ajouter, — et ce ne serait pas non plus contestable au point de vue scientifique, — il donna la vie d'un seul coup à de nouvelles branches d'industrie. Dans l'Italie, qui, au XVIII[e] siècle, avait été inondée de poteries par l'Angleterre, surgirent de tout côté, à la suite de la défense faite par l'empereur-roi d'importer cet article, des fabriques nationales de poteries: ainsi, à Côme, Milan, Trévise, Pavie, Vianza et Bologne. D'un autre côté, l'industrie des étoffes de crêpe et des voiles de crêpe, qui florissait surtout à Bologne et dont l'importance reposait spécialement sur une forte importation en Angleterre, tomba, tandis que les Anglais suppléaient à l'importation bolonaise qui s'arrêtait de cette marchandise, — cessation due au blocus continental, — en créant justement des fabriques pour la production des voiles. L'influence du blocus continental sur la structure de l'industrie et du commerce en Italie peut être résumée, comme l'exprime l'économiste contemporain déjà mentionné, Giu-

seppe Pecchio, par la formule que toutes les industries qui dépendaient du marché intérieur eurent à enregistrer un élan peu commun, tandis que, au contraire, les industries qui travaillaient pour l'exportation tombèrent fort bas.[1] Il n'en arriva pas autrement dans d'autres parties du continent européen, comme, par exemple, dans les pays rhénans. Le commerce, particulièrement le commerce de transit, — et particulièrement celui des denrées coloniales provenant des colonies anglaises, — subit une énorme régression. La contrebande-même, exercée sur une échelle assez large, et à laquelle, à l'occasion, participaient jusqu'aux patriciens de Cologne, ne put à la longue amener dans cet état de choses aucun changement; l'énergie napoléonienne recourut enfin au procédé violent qui consistait à incendier toutes les marchandises anglaises trouvées sur le continent. D'autre part, sur la rive gauche du Rhin, naquirent, sous la protection du gouvernement français, de nouvelles branches d'industrie, et ainsi, par exemple, pour remplacer le sucre de canne, des fabriques puissantes de sucre de betterave,[2] — au reste, en général, l'industrie sucrière, qui est aujourd'hui florissante sur le continent, doit partout son origine aux mesures politiques prises par l'Empire dans sa lutte contre l'Angleterre, — de même, aussi, d'importantes filatures de lin et de toile, qui devaient rendre superflues les étoffes de coton anglaises[3], — à Cologne seulement il n'existait, en 1813, pas moins de 23 manufactures de coton,[4] — sans compter, comme du reste en Italie, les fabriques de faïence. La domination française avait trouvé dans Cologne une ville commerçante en décadence; la politique napoléonienne fit en sorte qu'en quinze années, cette cité se transforma en une ville industrielle prospère.

Ce n'est pas seulement le système douanier, mais c'est aussi le sort des batailles qui a pu, selon les cas, créer ou tout au moins développer des industries entières. Le passage de provinces de la domination d'un état sous celle d'un autre signifiait souvent un changement complet des rapports industriels et commerciaux qui y existaient. On explique ce chan-

[1] Giuseppe Pecchio, *Saggio storico sulla amministrazione finanziera dell'Ex-Regno d'Italia dal 1802 al 1814*, loc. cit., p. 118-119.

[2] Mathieu Schwam, *Geschichte der Kölner Handelskammer*, Neubner, Köln, 1906, p. 289.

[3] *Idem*, p. 289.

[4] *Idem*, p. 315.

gement par une modification du marché de vente, modification provoquée à son tour par le déplacement des frontières douanières, qui accompagnait tout changement de maître. Cela apparaît clairement, par exemple, si l'on considère les conséquences politico-commerciales de la séparation, survenue en 1815, de la rive gauche du Rhin d'avec la France. Cette séparation signifia avant tout la perte du marché français, l'explosion immédiate d'une nouvelle guerre douanière avec les Hollandais, qui, au moyen de leur taxes, paralysèrent presque complètement la navigation intérieure, si bien que les habitants de Cologne, durent, en 1822, jeter à la mer, avant d'entrer dans les eaux hollandaises, un chargement de 300 tonneaux de harengs qu'ils avaient fait venir de Suède, parce que le droit de transit, dont les Hollandais prétendaient frapper ce chargement, était si élevé qu'à Cologne, on n'aurait pu vendre les poissons.[1] Mais ce qui agit d'une façon plus pernicieuse, ce fut la suppression, à la suite de l'annexion des pays rhénans par la Prusse, des taxes prohibitives françaises, établies pour défendre la jeune industrie locale. Comme une inondation dévastatrice, avec l'instauration du *free trade,* la concurrence anglaise se jeta sur elle, et, en peu de temps, donna un coup mortel à la fabrication nouvelle des cotonnades et jusqu'à la production sucrière dans la région de Cologne; il en arriva de même pour l'industrie de la soie.[2] Ce sont seulement les événements postérieurs, en particulier la jonction directe de Cologne avec la mer, au moyen de la construction d'une ligne de chemin de fer de Cologne à Anvers, rendant enfin la première de ces deux cités indépendante du transport fluvial sur le Rhin et des propriétaires hollandais de l'embouchure, qui élevèrent le commerce et l'industrie à une prospérité comme jamais il n'y en avait eu et véritablement inouie. Mais alors cependant une partie des branches d'industrie créées par Napoléon ne reprirent pas une nouvelle vie. Un autre exemple du cas fréquent d'un pays jeté dans des crises économiques graves en passant de la domination d'un état sous celle d'un autre, à la suite d'événements politiques, nous est offert par l'histoire de l'Alsace-Lorraine avant et après 1870. Après la conquête et l'occupation allemande, l'industrie textile d'Alsace

[1] *Idem*, p. 401.
[2] *Idem*, p. 393.

perdit le marché français, et ce n'est qu'en soutenant un effort des plus terribles qu'elle a pu trouver dans l'Empire, après maintes années de luttes, un marché équivalent. Cette substitution, en outre, ne s'est pas accomplie sans laisser des traces profondes dans l'ensemble de l'économie alsacienne, en produisant dans l'état économique du pays des changements importants. Ainsi, l'industrie cotonnière alsacienne a subi, dans son ensemble, depuis l'annexion, une diminution, tandis que l'industrie de la laine, s'est, après une brève pause, splendidement développée.

Certains historiens de l'économie, — spécialement, il est curieux de le noter, en Angleterre, — ont poussé la détermination des forces politiques et idéologiques, qui s'opposent parfois avec une efficacité décisive à l'économie, jusqu'à considérer en général l'histoire économique comme un appendice de l'histoire politique, et, retournant la thèse de Marx, jusqu'à se déclarer partisans d'une conception historique selon laquelle l'économie n'apparaîtrait que comme une suprastructure de la seconde. A écouter W. Cunningham, par exemple, toute l'histoire du commerce et de l'industrie de la Grande-Bretagne serait déterminée par les vicissitudes de l'histoire politique, telles que les actes d'Édouard III, la cruauté du duc d'Albe contre les Hollandais, le caractère des Stuart, et ainsi de suite. Il déclare littéralement que la politique de l'Angleterre n'a jamais été la résultante directe de l'économie de ce pays, alors qu'on pourrait au contraire fort bien dire que la vie économique de l'Angleterre a été influencée directement et d'une façon ininterrompue par les événements politiques. La forme des institutions industrielles n'arriverait à être comprise, en substance, que comme la conséquence de la politique.[1] Cette conception est cependant aussi unilatérale que celle qui considère l'histoire de l'humanité uniquement comme une histoire de mandataires soumis à des lois économiques fondamentales supposées.[2] En réalité, aucun des facteurs, qui déterminent le devenir historique, ne possède une influence exclusive. L'assiette définitive des choses provient de l'action de nombreuses forces de nature diverse. La difficulté de l'œuvre de celui qui fait de la philosophie de l'histoire consiste dans l'examen étio-

[1] W. Cunningham, *The Growth of english Industry and Commerce in modern Times*, Cambridge, 1905, p. 9.

[2] Cfr. Arturo Labriola, *Il capitalismo*, Bocca, Torino, 1910, p. 12, n.

logique d'un cas historique particulier, dont il entreprend l'étude, c'est-à-dire dans la distinction entre la cause déterminante et ses coefficients, en établissant la multiplicité de ceux-ci et en analysant leurs rapports.

Il devra alors dans la majeure partie des cas constater que, rarement, il est arrivé qu'une guerre ait éclaté sans de sérieux motifs économiques, pas même celles qu'on appelle les guerres de cabinet, les guerres d'invasion et les guerres de caprice. Ainsi la fameuse attaque de Louis XIV, roi de France, contre la Hollande, a été pendant très longtemps citée comme un exemple typique d'un événement historique, explicable simplement par le « tel est mon bon plaisir » d'un monarque orgueilleux au-delà de toute imagination, et pendant pas mal de temps on s'est contenté d'en chercher la cause explicative dans la prétendue colère qu'auraient eu le Bourbon d'avoir été maltraité par les *gazetiers* des États-Généraux dans leurs feuilles;[1] cependant aujourd'hui, nous savons que ce conflit est sorti, si on laisse de côté le désir d'annexer la Hollande espagnole au domaine de la monarchie française, de l'opinion, dominant dans les sphères industrielles du royaume, qu'il serait nécessaire de mettre fin, par l'anéantissement du commerce hollandais, à la guerre de tarifs qui faisait rage entre la Hollande et la France, pour tout l'avantage du jeune concurrent français.[2] D'autre part, cependant, nous voyons que, dans les guerres modernes, où agissent le plus visiblement les motifs économiques, agit toujours aussi une série d'autres facteurs; par exemple, presque toujours concourt à leur apparition, à côté des impulsions d'ordre économique, la conscience nationale éveillée des masses modernes; c'est ce qui s'est passé jusque dans la typique guerre de bourse, pour la conquête des champs de diamants, faite par les Anglais au Transwaal, et qui eut une seconde cause, absolument égale en importance à la cause purement économique, dans la haine séculaire des

[1] « Il pousse le mépris des hommes jusqu'à faire la guerre pour une médaille »: c'est ainsi que s'exprime, typiquement, dans son travail, du reste, si lucide, PIERRE-ÉDOUARD LEMONTEY, *Essai sur l'Établissement monarchique de Louis XIV*, Déterville, Paris, 1818, p. 376.

[2] Le sécretaire d'État, le marquis de Lyonne, demanda, en 1670, à un de ses hommes de confiance: « Qu'imaginez-vous qu'on pourrait faire pour ôter le commerce aux Hollandais? » L'autre répondit aussitôt: « Il n'y a point d'autre moyen pour cela que de prendre la Hollande ». Le prince de Condé, présent à l'entrevue, avoua qu'il était du même avis (cfr. *Mémoires de Gourville*, loc. cit., t. II, p. 65).

Hollandais, depuis longtemps établis dans le pays, contre les *parvenus* anglais et, en général, dans la lutte entre deux peuples différents, encore qu'appartenant tous deux à ce qu'on appelle le rameau germanique.

On peut donc résumer dans son ensemble la méthode des recherches historiques et historico-économiques dans cette formule, qui devrait accompagner dans sa carrière tout savant: malheur à celui qui, dans chaque cas particulier, ne se propose pas, en la séparant de toutes les motivations idéologiques, la question des racines économiques du phénomène à analyser! Mais malheur aussi à celui qui ne se rend pas compte que presque toute manifestation qui se vérifie sur le terrain de l'activité collective possède également d'autres coefficients qui la déterminent! De sorte que l'analyse est réduite en définitive à établir la mesure différente où participent les éléments qualitatifs *a priori* déjà notés, tels que le facteur économique, la tradition et d'autres facteurs encore.

Torino, Università.

ROBERTO MICHELS

(Traduit par M. Georges Bourgin - Paris).

ASPERGES FILIPPO - *responsabile.*

MILANO - TIPO-LIT. REBESCHINI DI TURATI E C.